



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

ESTUDIO DE LA LÍNEA DE ALTA TENSION DE DOBLE  
CIRCUITO CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA

David Sánchez Labiano

Vicente Senosiain Miquélez

Pamplona, 24 de Julio de 2015

## ÍNDICE

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA	1
DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS	27
DOCUMENTO N° 3: PLANOS	183
DOCUMENTO N° 4: ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL	198
DOCUMENTO N° 5: PRESUPUESTO	222
DOCUMENTO N° 6: BIBLIOGRAFÍA	228





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

ESTUDIO DE LA LÍNEA DE ALTA TENSION DE DOBLE  
CIRCUITO CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA

MEMORIA

David Sánchez Labiano

Vicente Senosiain Miquélez

Pamplona, 24 de Julio de 2015

## ÍNDICE MEMORIA

<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1.1 Objeto del proyecto	3
1.1.2 Antecedentes	3
1.1.3 Normativa de aplicación	4
1.1.4 Estudio de las tecnologías existentes	4
1.1.5 Objetivos	5
1.1.6 Recursos y herramientas utilizadas	7
<b>1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	<b>9</b>
<b>1.3 COORDENADAS DE LOS APOYOS DE LA LÍNEA</b>	<b>17</b>
<b>1.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>	<b>22</b>
1.4.1 Características generales	22
1.4.2 Conductor	23
1.4.3 Aislamiento	24
1.4.4 Herrajes	24
1.4.5 Apoyos	24
1.4.6 Cimentaciones	25
1.4.7 Puesta a tierra	25
1.4.8 Numeración y señalización	26
1.4.9 Amortiguadores	26

## 1.1 INTRODUCCIÓN

### 1.1.1 OBJETO DEL PROYECTO

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía eléctrica.

Un elemento fundamental de la red de transporte de energía eléctrica son las líneas de transporte. Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de energía eléctrica a grandes distancias. Por lo tanto, las líneas eléctricas conforman el sistema vascular de la infraestructura eléctrica y en consecuencia, es el elemento básico de conexión entre generación y consumo.

El presente documento tiene por objeto principal describir y analizar las características más significativas de la línea eléctrica que se extiende desde la subestación de Castejón (Navarra), hasta la subestación de distribución de Muruarte de Reta (Navarra), desde el punto de vista eléctrico y mecánico; y constatar la ejecución de la misma conforme a la ley.

En el momento que se decide proyectar una línea de alta tensión, se debe buscar la solución más adecuada técnica, social y ambientalmente para el trazado, pero la conjugación de estos tres elementos no siempre es sencilla. Por esta razón, y más hoy en día, es necesario planificar de forma exhaustiva la trayectoria de la línea para poder armonizar progreso y medio ambiente.

La contribución a un mundo más sostenible es, en la era tecnológica actual, el reto tecnológico más importante. En consecuencia, resulta imprescindible el respeto al medio ambiente, la eficiencia energética y la seguridad de suministro en la realización de todo proyecto ingenieril y en concreto, en el proyecto de líneas eléctricas de alta tensión. Es por ello, por lo que resultara primordial en el estudio del proyecto de la línea en cuestión, el requerimiento de calidad, continuidad y seguridad en el suministro energético de nuestra sociedad. Por lo tanto, aparte de escrutar el desarrollo de la línea ya ejecutada en términos eléctricos y mecánicos, buscaré mejorar cualquier aspecto de la línea que haya podido suscitar polémica de cualquier tipo para poder satisfacer, o no, las quejas suscitadas por las poblaciones u organismos que no han estado de acuerdo con el proyecto de la línea.

### 1.1.2 ANTECEDENTES

La citada línea se construyó con la necesidad de evacuar la energía de las nuevas centrales de ciclo combinado de gas situadas en Castejón. La instalación forma parte de un conjunto de refuerzos y ampliaciones de la red en Navarra ante las previsiones de instalación de diversos ciclos combinados y parques eólicos en la zona, y para apoyar la distribución de Pamplona con una nueva transformación 400/220 kV.

### 1.1.3 NORMATIVA DE APLICACIÓN

El proyecto, la ejecución, el mantenimiento y la revisión de las líneas eléctricas aéreas de alta tensión y en general de cualquier instalación, tiene que estar sujeta al cumplimiento de la legislación aplicable, de forma que los reglamentos establecidos por cada país son documentos cuyo conocimiento resulta imprescindible.

En concreto, para la ejecución de un proyecto de una línea de alta tensión en el territorio español, la legislación existente y por lo tanto, a la que está sujeto el proyecto a realizar será la siguiente:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas Eléctricas de alta tensión (RD 223/2008).
- RD 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de Transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de Autorización de energía eléctrica.
- Procedimiento de Operación PO 13.1 Criterios de Desarrollo de la Red de Transporte.
- Real Decreto de Seguridad y Salud (B.O.E. 25-10-97)
- Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos

En los últimos tiempos, ha creado especial inquietud en el mundo de las empresas dedicadas al sector del transporte de energía eléctrica, el cumplimiento del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión. Este Reglamento se publicó en marzo de 2008 y amplía los requisitos eléctricos y mecánicos aplicables al cálculo de las líneas aéreas e incluye las líneas subterráneas de alta tensión, respecto al Reglamento de 1968.

Como consecuencia de la exigencia reglamentaria al diseño y construcción de cualquier tipo de línea, ya sea aérea o subterránea, ha sido necesaria una lectura y estudio del nuevo reglamento que regula en España la instalación de líneas de alta tensión (RLAT en adelante) que entro en vigor, de forma obligatoria, en marzo de 2010.

### 1.1.4 ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS EXISTENTES

Los conductores y sus elementos de soporte o torres de alta tensión son los dos componentes principales que constituyen una línea de alta tensión aérea. Los conductores de una línea de alta tensión están sujetos a tracciones causadas por la combinación de agentes tales como el viento, la temperatura del conductor y la temperatura del viento. La combinación de todas las sollicitaciones causadas por estos agentes externos a las líneas hace necesaria la existencia de gran variedad de torres de transmisión.

A pesar de la gran variedad de torres o apoyos, destacan entre ellos estos dos grandes grupos: de amarre y de suspensión. Las torres más usadas son las llamadas torres de amarre, aquellas

que “dan rigidez” a nuestra línea. Este tipo de torres son usadas generalmente cuando es necesario dar un giro con un ángulo determinado o para proporcionar un punto firme en la línea.

Existen también las llamadas torres de suspensión, las cuales no deben soportar peso alguno más que el del propio conductor. Este tipo de torres son usadas para llevar el conductor de un sitio a otro generalmente en línea recta sin que se encuentren cruces de líneas u obstáculos.

### 1.1.5 OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto de una línea de alta tensión se ven fuertemente limitados y guiados por el Reglamento, como ya se ha expuesto a lo largo de las líneas anteriores. Por lo tanto, una lectura previa es absolutamente necesaria para poder extraer los puntos clave para la realización del proyecto.

Los objetivos del proyecto quedarían resumidos en lo siguiente:

- **Elección del trazado de la línea:**

Si la línea estuviera aún sin construir, se utilizaría el estudio ambiental de la zona para decidir la traza de la línea que cumpliera los mejores requisitos técnicos y ambientales.

Como no es un diseño de línea sino un estudio, en este caso se delimitará el trazado ya construido en su totalidad y después se ratificará con un estudio de impacto ambiental.

- **Implantación de apoyos:**

Como ya hemos explicado antes, solamente se delimitará el lugar exacto donde se hallen los apoyos y el modelo utilizado en cada caso.

- **Cálculos eléctricos:**

La finalidad de este objetivo consistirá en el cálculo de las características eléctricas de la línea, siempre cumpliendo los apartados que se refieren a ello del RLAT.

Se calcularán los principales parámetros eléctricos de las líneas aéreas, teniendo como punto de partida las características del conductor requisito del cliente, LA-380. Por tanto, los cálculos se realizarán para la intensidad y potencia máxima marcada por este conductor.

- **Cálculo mecánico de conductores:**

Los cálculos mecánicos de conductores dependerán de:

- La tensión mecánica a que se verán sometidos los conductores al cambiar las condiciones ambientales en las distintas hipótesis de tracción máxima fijadas en el apdo. 3.2.1 de la ITC 07 del RLAT.
- La flecha que tomarán los conductores en los diferentes vanos y en las distintas hipótesis de flecha máxima fijadas en el apdo. 3.2.3 de la ITC 07 del RLAT.
- El comportamiento de los conductores frente a la posible aparición de fenómenos vibratorios. Para esta situación, el proyecto cumplirá lo establecido en el apdo. 3.2.2 de la ITC 07 del RLAT.
- Las características mecánicas de los apoyos y crucetas utilizados en este proyecto. Se calcularán las tensiones máximas de conductores para las hipótesis de tracción máxima definidas en el apdo. 3.2.1 de la ITC 07 del RLAT.

Para poder realizar lo descrito será necesario realizar los siguientes cálculos de las características de la línea:

- Características de la catenaria: componente horizontal de la tensión cable, tensión del cable y flecha.
- Tablas de cálculo mecánico teniendo en cuenta los límites estáticos y límites dinámicos (Cold Hours Stress y Every Day Stress) particulares de la línea.
- Vanos ideales de regulación
- Tablas de regulación

Realizados estos cálculos se podrá hacer una estimación de las alturas de los apoyos realizando un tendido a flecha máxima y comprobando las distancias a los cruzamientos a lo largo de la línea.

- **Cálculo mecánico de apoyos:**

Los cálculos mecánicos de apoyos se realizarán de forma individual y para cada una de las distintas hipótesis de carga que establece el RLAT en el apartado 3.5.3 de la ITC 07.

Estos cálculos incluirán para cada hipótesis los esfuerzos individuales que cada conductor y cable transmiten a la cruceta y a la cúpula de tierra y el esfuerzo equivalente de todos ellos sobre el apoyo.

Los esfuerzos se referenciarán en un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (longitudinal, transversal, vertical).

- **Cálculo mecánico de cimentaciones:**

El cálculo de las cimentaciones estará también limitado por coeficientes dados en el Reglamento de líneas eléctricas. Estos coeficientes dependerán fundamentalmente de la

estabilidad del terreno donde se vaya a realizar la cimentación. De este modo, tendremos cimentaciones cuya estabilidad este fundamentalmente confiada a las reacciones verticales del terreno y cimentaciones cuya estabilidad este fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales.

- **Puesta a tierra:**

En la realización de este objetivo será necesaria la puesta a tierra de los apoyos. En el antiguo Reglamento de 1968, el requisito básico era que los apoyos situados en zonas frecuentadas así como los que soportan aparatos de maniobra tuvieran un valor de resistencia de puesta a tierra inferior a  $20 \Omega$ . El reglamento actual basa el diseño en el cumplimiento de las tensiones de contacto, de forma que el valor de la resistencia de puesta a tierra, así como la forma y disposición de los electrodos.

- **Planos**

Se realizarán los planos incluyendo toda la información de los objetivos anteriores que deba quedar explicada de forma gráfica. El plano de mayor importancia será el plano de planta y perfil que será realizado conforme se vayan calculando los parámetros de cada uno de los objetivos, comprobando el cumplimiento de distancias reglamentarias.

- **Presupuesto**

Se calcularan todos los gastos debidos tanto a la compra del material necesario como para el montaje de la línea.

### 1.1.6 RECURSOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

En primer lugar, para la realización de este proyecto ha sido necesaria la utilización de diferentes documentos. Estos documentos suponen, en términos generales, un estudio previo de la zona donde se va a instalar la línea eléctrica.

Estos fundamentalmente son los siguientes:

- **Documento ambiental:** en este documento, se analizan multitud de elementos que pueden limitar la instalación de la línea eléctrica de alta tensión en la zona. Este documento por lo tanto incluye fundamentalmente un estudio de la fauna y flora y un estudio socioeconómico. Con estos estudios se hace un análisis de impacto y se decide el estudio de traza.
- **Estudio topográfico,** que es necesario para comprobar que se cumplan todas las distancias reglamentarias de seguridad.

Como he destacado a lo largo de los apartados, tiene especial importancia el uso del reglamento y en él se debe apoyar casi la totalidad del proyecto ya que se deben cumplir todos los límites y distancias que en él se describen.

Además, para la presentación de todos los resultados y para facilitar el cálculo de las variables de una línea, ha sido imprescindible el uso de tablas de cálculo implementadas en Excel.

También ha sido necesario el listado de especificaciones de los diferentes elementos de la línea (conductores, apoyos).

Para el trazado de la línea se utilizarán diferentes programas de cartografía como Google Earth, o ArcGIS.

Finalmente, ha sido imprescindible para la realización del proyecto el uso de AutoCAD para la realización correcta de todos los planos.



## 1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

La línea aérea objeto de este proyecto, tiene una longitud de 60239 metros.

Ambas subestaciones se encuentran en la provincia de Navarra. La línea objeto de este proyecto, a lo largo de su recorrido, afecta a fincas pertenecientes a varios municipios. Estas fincas son casi todas rurales, excepto algún caso que afecta a suelo urbano.

A continuación se muestran los municipios por los que discurre la línea y los cruzamientos que existen por cada alineación:

Municipios del tramo: Castejón

Longitud: 88 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>1</b>	1	2	-	No efectúa cruzamientos

Municipios del tramo: Castejón y Valtierra

Longitud: 607 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>2</b>	2	3	74,3°	1- Vía Pecuaria (Cañada Real) 2- Río Ebro

Municipios del tramo: Valtierra

Longitud: 1079 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>3</b>	3	6	166,1 °	3- Línea 66 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Valtierra

Longitud: 393 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
4	6	7	149°	4- Autopista AP-15

Municipios del tramo: Valtierra

Longitud: 1018 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
5	7	9	141,9°	5- Línea 66 kV de Iberdrola 6- Carretera N-113 7- Vía Pecuaria (Cañada Real)

Municipios del tramo: Valtierra y Cadreita

Longitud: 5047 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
6	9	19	175°	8- Vía Pecuaria (Cañada Real) 9- Carretera NA-134 10- Línea 20 kV de Iberdrola

Municipios del tramo: Cadreita y Villafranca

Longitud: 3619 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
7	19	27	162°	11- Vía Pecuaria (Pasada) 12- Vía Pecuaria (Ramal)

Municipios del tramo: Villafranca y Marcilla

Longitud: 4533 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
8	27	37	150°	No efectúa cruzamientos

Municipios del tramo: Marcilla

Longitud: 2168 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
9	37	42	147,2°	13- Río Aragón

Municipios del tramo: Marcilla

Longitud: 653 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
10	42	44	150,5°	14- Línea 45 kV de Iberdrola 15- Línea 45 kV de Iberdrola 16- FFCC Zaragoza-Alsasua 17- Carretera NA-660 18- Carretera NA-128

Municipios del tramo: Marcilla

Longitud: 330 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
11	44	45	147,2°	19- Carretera NA-128 20- Línea 45 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Marcilla y Peralta

Longitud: 486 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>12</b>	45	46	149,6°	21- Línea 45 kV Iberdrola 22- Carretera NA-660

Municipios del tramo: Peralta

Longitud: 2180 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>13</b>	46	50	146,1°	23- Vía Pecuaria (Pasada)

Municipios del tramo: Peralta

Longitud: 1445 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>14</b>	50	53	160,1°	No efectúa cruzamientos

Municipios del tramo: Peralta, Marcilla, Falces y Olite

Longitud: 4400 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>15</b>	53	62	150,9°	No efectúa cruzamientos

Municipios del tramo: Olite

Longitud: 3528 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>16</b>	62	70	173,2°	24- Línea 20 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Olite

Longitud: 3473 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>17</b>	70	77	161,5°	25- Línea 220 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Olite

Longitud: 792 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>18</b>	77	79	152,7°	26- Carretera NA-6620

Municipios del tramo: Olite

Longitud: 810 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>19</b>	79	81	148,4°	27- Carretera NA-115 28- Línea 220 kV Iberdrola 29- Autopista AP-15

Municipios del tramo: Olite

Longitud: 349 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>20</b>	81	82	152,2°	30- Carretera sin asfaltar

Municipios del tramo: Olite y Tafalla

Longitud: 3149 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>21</b>	82	88	166,2°	31- Línea 20 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Tafalla

Longitud: 1463 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>22</b>	88	91	165,7°	32- Carretera NA-6140 33- Línea 45 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Tafalla

Longitud: 3304 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>23</b>	91	98	155,9°	34- Carretera NA-132 35- Canal de Navarra 36- Carretera NA-6030 37- Canal de Navarra

Municipios del tramo: Tafalla y Artajona

Longitud: 4703 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>24</b>	98	107	169,5°	No efectúa cruzamientos

Municipios del tramo: Artajona

Longitud: 252 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>25</b>	107	108	111,5°	38- Línea 220 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Artajona, Barásoain, Olóriz y Unzué

Longitud: 7658 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>26</b>	108	123	152,7°	39- Carretera sin asfaltar 40- Línea 20 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Unzué y Tiebas-Muruarte de Reta

Longitud: 2261 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>27</b>	123	127	139,3°	41- Línea 45 kV Iberdrola 42- FFCC Zaragoza-Alsasua 43- Carretera N-121 44- Autopista AP-15 45- Línea 20 kV Iberdrola

Municipios del tramo: Muruarte de Reta

Longitud: 451 metros

ALINEACIÓN	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	ÁNGULO CON SIGUIENTE ALINEACIÓN	CRUZAMIENTOS
<b>28</b>	127	129	164,6°	No efectúa cruzamientos



### 1.3 COORDENADAS DE LOS APOYOS DE LA LÍNEA

Las coordenadas de los apoyos a instalar en la línea son las siguientes:

Nº APOYO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	TIPO APOYO
1	42°10'17.20"N	1°40'31.51"O	269	42A4 (FL)
2	42°10'15.77"N	1°40'28.21"O	269	42A4
3	42°10'34.86"N	1°40'21.77"O	263	42A2
4	42°10'46.06"N	1°40'21.95"O	261	42S1
5	42°10'59.44"N	1°40'22.92"O	260	42S1
6	42°11'9.80"N	1°40'23.44"O	261	42A3
7	42°11'20.78"N	1°40'14.79"O	261	42A4
8	42°11'36.13"N	1°40'17.32"O	262	42S1
9	42°11'53.54"N	1°40'19.97"O	262	42A2
10	42°12'9.19"N	1°40'20.51"O	263	42S1
11	42°12'22.60"N	1°40'20.83"O	263	42S1
12	42°12'41.74"N	1°40'21.39"O	278	42S2
13	42°12'54.82"N	1°40'21.84"O	288	42S1
14	42°13'12.42"N	1°40'22.38"O	318	42S2
15	42°13'29.53"N	1°40'22.86"O	334	42S2
16	42°13'40.43"N	1°40'23.29"O	348	42S1
17	42°14'6.14"N	1°40'23.94"O	333	42S2
18	42°14'21.58"N	1°40'24.46"O	351	42S1
19	42°14'37.07"N	1°40'25.04"O	315	42A3
20	42°14'51.66"N	1°40'31.34"O	332	42S1
21	42°15'7.40"N	1°40'37.96"O	358	42S2
22	42°15'15.71"N	1°40'41.56"O	340	42S1
23	42°15'27.19"N	1°40'46.54"O	318	42S1
24	42°15'44.59"N	1°40'54.03"O	309	42S2

Nº APOYO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	TIPO APOYO
25	42°15'57.64"N	1°40'57.39"O	293	42S1
26	42°16'14.91"N	1°41'1.99"O	291	42S2
27	42°16'30.14"N	1°41'6.16"O	293	42A3
28	42°16'44.18"N	1°41'21.43"O	334	42S2
29	42°16'55.00"N	1°41'32.89"O	330	42S1
30	42°17'5.10"N	1°41'43.88"O	321	42S2
31	42°17'16.13"N	1°41'55.91"O	313	42S1
32	42°17'26.79"N	1°42'7.26"O	307	42S1
33	42°17'37.56"N	1°42'18.62"O	310	42S1
34	42°17'48.36"N	1°42'30.55"O	314	42S1
35	42°18'1.69"N	1°42'44.80"O	313	42S2
36	42°18'15.57"N	1°42'59.87"O	307	42S2
37	42°18'24.80"N	1°43'9.83"O	312	42A3
38	42°18'38.09"N	1°43'11.45"O	325	42S1
39	42°18'48.82"N	1°43'12.69"O	344	42S1
40	42°19'9.77"N	1°43'15.24"O	290	42A2
41	42°19'22.19"N	1°43'15.90"O	290	42S1
42	42°19'34.87"N	1°43'16.63"O	294	42A3
43	42°19'43.72"N	1°43'24.12"O	293	42A2
44	42°19'53.51"N	1°43'30.01"O	293	42A3
45	42°20'4.08"N	1°43'27.64"O	293	42A3
46	42°20'16.17"N	1°43'14.04"O	293	42A3
47	42°20'34.87"N	1°43'11.49"O	293	42S2
48	42°20'52.01"N	1°43'9.06"O	293	42S2
49	42°21'10.51"N	1°43'6.67"O	295	42S2
50	42°21'26.45"N	1°43'4.35"O	302	42A3
51	42°21'40.36"N	1°43'9.15"O	305	42S1

Nº APOYO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	TIPO APOYO
52	42°21'56.90"N	1°43'14.80"O	309	42S2
53	42°22'11.85"N	1°43'19.82"O	310	42A3
54	42°22'23.79"N	1°43'14.88"O	331	42S1
55	42°22'37.39"N	1°43'9.25"O	343	42S1
56	42°22'51.44"N	1°43'3.49"O	346	42S1
57	42°23'6.63"N	1°42'57.14"O	348	42S1
58	42°23'22.32"N	1°42'50.69"O	359	42S2
59	42°23'39.81"N	1°42'43.48"O	371	42S2
60	42°23'55.54"N	1°42'37.01"O	358	42S2
61	42°24'12.66"N	1°42'29.97"O	360	42S2
62	42°24'28.20"N	1°42'23.48"O	359	42A2
63	42°24'39.83"N	1°42'20.51"O	360	42S1
64	42°24'55.76"N	1°42'16.68"O	368	42S1
65	42°25'9.04"N	1°42'13.33"O	378	42S1
66	42°25'22.19"N	1°42'9.94"O	384	42S1
67	42°25'40.12"N	1°42'5.49"O	409	42S2
68	42°25'56.84"N	1°42'1.45"O	432	42S2
69	42°26'10.29"N	1°41'57.98"O	435	42S1
70	42°26'20.62"N	1°41'55.40"O	439	42A3
71	42°26'29.65"N	1°41'48.75"O	441	42S1
72	42°26'45.61"N	1°41'36.84"O	444	42S2
73	42°27'1.65"N	1°41'25.04"O	420	42S2
74	42°27'17.64"N	1°41'13.21"O	397	42S2
75	42°27'32.10"N	1°41'2.58"O	396	42A2
76	42°27'46.72"N	1°40'51.41"O	399	42S2
77	42°27'59.14"N	1°40'41.92"O	414	42A3
78	42°28'12.34"N	1°40'41.31"O	424	42S1

Nº APOYO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	TIPO APOYO
79	42°28'24.80"N	1°40'40.83"O	418	42A3
80	42°28'37.28"N	1°40'50.60"O	426	42S1
81	42°28'47.49"N	1°40'58.67"O	439	42A3
82	42°28'58.78"N	1°40'59.45"O	435	42A3
83	42°29'14.99"N	1°41'5.44"O	423	42S2
84	42°29'29.64"N	1°41'10.93"O	431	42S1
85	42°29'46.42"N	1°41'17.02"O	430	42S2
86	42°30'3.53"N	1°41'23.49"O	426	42S2
87	42°30'17.90"N	1°41'28.92"O	428	42S1
88	42°30'37.16"N	1°41'36.05"O	454	42A2
89	42°30'48.21"N	1°41'44.36"O	444	42S1
90	42°31'5.54"N	1°41'57.64"O	453	42S2
91	42°31'18.53"N	1°42'7.40"O	427	42A3
92	42°31'30.13"N	1°42'8.75"O	425	42S1
93	42°31'43.74"N	1°42'10.20"O	439	42S1
94	42°32'1.09"N	1°42'12.32"O	470	42S2
95	42°32'13.99"N	1°42'13.85"O	486	42S1
96	42°32'32.56"N	1°42'15.99"O	485	42S2
97	42°32'51.00"N	1°42'18.23"O	494	42S2
98	42°33'5.21"N	1°42'19.81"O	493	42A2
99	42°33'18.07"N	1°42'24.49"O	510	42S1
100	42°33'33.86"N	1°42'29.86"O	525	42S2
101	42°33'47.85"N	1°42'34.67"O	514	42S1
102	42°34'4.02"N	1°42'40.09"O	530	42S2
103	42°34'19.95"N	1°42'45.63"O	566	42S2
104	42°34'37.25"N	1°42'51.54"O	603	42S2
105	42°34'52.57"N	1°42'56.85"O	555	42S1

Nº APOYO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	TIPO APOYO
106	42°35'19.50"N	1°43'5.97"O	518	42S2
107	42°35'32.92"N	1°43'10.57"O	539	42A4
108	42°35'40.80"N	1°43'7.73"O	533	42A3
109	42°35'50.51"N	1°42'54.38"O	554	42S1
110	42°36'5.38"N	1°42'34.03"O	621	42S2
111	42°36'14.23"N	1°42'22.15"O	612	42S1
112	42°36'24.85"N	1°42'7.40"O	611	42S1
113	42°36'37.96"N	1°41'49.48"O	624	42A2
114	42°36'51.68"N	1°41'32.54"O	597	42S2
115	42°37'3.88"N	1°41'17.98"O	576	42S2
116	42°37'11.67"N	1°41'8.32"O	557	42S1
117	42°37'24.09"N	1°40'53.32"O	554	42S2
118	42°37'38.15"N	1°40'36.23"O	556	42S2
119	42°37'52.53"N	1°40'18.92"O	574	42S2
120	42°38'3.64"N	1°40'5.38"O	569	42S1
121	42°38'15.95"N	1°39'50.22"O	602	42S2
122	42°38'29.84"N	1°39'33.52"O	590	42S2
123	42°38'42.23"N	1°39'18.65"O	602	42A4
124	42°38'57.88"N	1°39'17.89"O	653	42S1
125	42°39'21.50"N	1°39'16.87"O	589	42A2
126	42°39'40.79"N	1°39'16.00"O	582	42A2
127	42°39'55.44"N	1°39'15.29"O	616	42A3
128	42°40'2.26"N	1°39'11.49"O	630	42A2
129	42°40'9.10"N	1°39'8.24"O	607	42A4 (FL)

## 1.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### 1.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Sistema</b>	Corriente Alterna Trifásica
<b>Frecuencia (Hz)</b>	50
<b>Tensión nominal (kV)</b>	400
<b>Tensión más elevada de la red (kV)</b>	420
<b>Categoría</b>	Especial
<b>Nº de circuitos</b>	2
<b>Nº de conductores por fase</b>	3 (Tríplex)
<b>Tipo de conductor</b>	LA-380 GULL
<b>Capacidad de transporte por circuito (MVA)</b>	1873/1616 Invierno-Verano
<b>Nº de apoyos</b>	129
<b>Nº de alineaciones</b>	28
<b>Longitud (km)</b>	60,239
<b>Zonas de aplicación</b>	A y B
<b>Tipo de aislamiento</b>	Aisladores de vidrio
<b>Cimentaciones</b>	Patas separadas de hormigón en masa
<b>Cable de tierra</b>	Dos cables Tierra-Óptico FO 15
<b>Puesta a tierra</b>	Anillos de varilla de acero descarburado
<b>Apoyos</b>	Metálicos de celosía

### 1.4.2 CONDUCTOR

La línea está constituida por dos circuitos trifásicos con tres conductores por fase separados entre sí 400 mm.

La designación del conductor es **LA-380 GULL**. Debido al cambio de denominación, la que se utiliza en estos momentos (denominación UNE) es la designación **337-ALI/44STIA**. Para acortar referencias, a partir de ahora se le denominará con su designación antigua: **LA-380**.

Las características del conductor son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS			VALORES
Sección transversal	Aluminio ( $mm^2$ )		337,3
	Acero ( $mm^2$ )		43,7
	Total ( $mm^2$ )		381
Composición	Aluminio	Nº hilos	54
		Diámetro ( $mm$ )	2,82
	Acero	Nº hilos	7
		Diámetro ( $mm$ )	2,82
Diámetro		Núcleo de acero ( $mm$ )	8,46
		Cable completo ( $mm$ )	25,4
Carga de rotura nominal ( $daN$ )			10718
Peso ( $daN/m$ )			1,2499
Resistencia eléctrica máxima a 20°C ( $\Omega/km$ )			0,0857
Coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la Tª ( $C^{-1} \cdot 10^{-3}$ )			4,03
Módulo de elasticidad ( $daN/mm^2$ )			7000
Coeficiente de dilatación lineal ( $C$ )			$19,4 \cdot 10^{-6}$
Capacidad nominal ( $A$ )			785

Los conductores están tendidos con unas tracciones tal que no faciliten la vibración de los mismos. Además hay instalados amortiguadores para impedir este fenómeno. Las grapas de suspensión son de tipo GSA con varillas preformadas.

### 1.4.3 AISLAMIENTO

Los aisladores son instalados entre el conductor desnudo y las partes del apoyo puestas a tierra teniendo la doble misión de fijar mecánicamente los conductores al apoyo y aislarlos de tierra. Se diseña para soportar la polución y las condiciones climáticas de servicio más desfavorables.

El aislador utilizado en las cadenas de suspensión y amarre es el U-210 B según la denominación CEI-305, fabricado en vidrio. Este aislador tiene las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Paso (<i>mm</i>)</b>	170
<b>Tensión perforación aceite (<i>kV</i>)</b>	130
<b>Línea de fuga (<i>mm</i>)</b>	380
<b>Carga de rotura (<i>kN</i>)</b>	210
<b>Peso (<i>Kg</i>)</b>	7,5
<b>Norma de acoplamiento</b>	20

### 1.4.4 HERRAJES

Los herrajes, que sirven para fijar los conductores a los aisladores y estos a los apoyos, así como los de fijación de los cables de tierra, son de acero estampado, excepto las grapas que son de aleación de aluminio.

Estos herrajes están dimensionados mecánicamente con un coeficiente de seguridad superior al reglamentario.

### 1.4.5 APOYOS

Los apoyos están formados por angulares de lados iguales de acero galvanizado en caliente, de calidades AE275 para angulares de 60x5 e inferiores y AE355 para angulares de 70x5 y superiores. Los tornillos son de calidad 5.6.

En la presente línea se utilizan los siguientes apoyos, correspondientes a la normalización doble circuito de RED ELÉCTRICA de ESPAÑA:



TIPO	FUNCION ESPECÍFICA	ALTURA MÁXIMA (m)
<b>42S1</b>	Alineación	67
<b>42S2</b>	Alineación vano largo (+ 500 m)	67
<b>42A2</b>	Anclaje y ángulos hasta 15°	66
<b>42A3</b>	Anclaje y ángulos hasta 35°	61
<b>42A4</b>	Anclaje y ángulos más de 35°	66
<b>42A4 (FL)</b>	Fin de línea	66

Las alturas de la cruceta inferior al suelo varían de 23 a 48 metros en los apoyos de alineación y de 24 a 44 metros en los de amarre.

Así mismo, se utilizan patas desniveladas para conseguir una mayor integración de la línea en el entorno en los casos en los que es necesario.

#### 1.4.6 CIMENTACIONES

Las cimentaciones de los apoyos están formadas por cuatro macizos independientes de hormigón en masa y son del tipo pata de elefante. Están diseñadas para diferentes tipos de terreno.

#### 1.4.7 PUESTA A TIERRA

Todos los apoyos quedan puestos a tierra por medio de anillos cerrados de varilla de acero descarburado. El número de anillos es tal que en ningún caso la resistencia de difusión a tierra es superior a 20 ohmios.

Para la protección de la línea contra sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, se disponen de dos cables de tierra de tipo óptico (**Optical Ground Wire**) con las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Diámetro (mm)</b>	15
<b>Sección total (mm<sup>2</sup>)</b>	118
<b>Carga de rotura (daN)</b>	10650

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Peso (<math>daN/m</math>)</b>	0,67666
<b>Módulo de elasticidad (<math>daN/mm^2</math>)</b>	12250
<b>Coefficiente de dilatación (<math>^{\circ}C^{-1}</math>)</b>	$13,9 \cdot 10^{-6}$

Las tracciones que se adoptarán para el cable de tierra junto con el uso de amortiguadores evitarán los posibles daños por vibración eólica.

#### 1.4.8 NUMERACIÓN Y SEÑALIZACIÓN

En cada apoyo está marcado el número de orden que le corresponde, el fabricante, la función, denominación según fabricante y el año de fabricación.

La placa de señalización de "riesgo eléctrico" se colocara en el apoyo a una altura visible y legible desde el suelo, pero suficiente para que no pueda ser retirada desde el suelo (4 metros aprox.).

La instalación se señalizará con el lema corporativo de RED ELÉCTRICA de ESPAÑA, en los cruces con vías de comunicación.

#### 1.4.9 AMORTIGUADORES

En general, tal como expone el apdo. 3.2.2 de la ITC 07 del RLAT, se recomienda que la tracción a temperatura de 15 °C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

En nuestro caso, los porcentajes serán diferentes al reglamento según si es de día o de noche, debido a las especificaciones técnicas de la compañía. Serán especificados en el documento de Cálculos, en la sección de los cálculos mecánicos del conductor.



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

ESTUDIO DE LA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN DE DOBLE  
CIRCUITO CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA

CÁLCULOS

David Sánchez Labiano

Vicente Senosiain Miquélez

Pamplona, 24 de Julio de 2015

## **ÍNDICE CÁLCULOS**

<b>2.1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS</b>	<b>31</b>
2.1.1 Densidad máxima de corriente	31
2.1.2 Intensidad máxima admisible	32
2.1.3 Resistencia	32
2.1.4 Reactancia	35
2.1.5 Conductancia	37
2.1.6 Capacitancia	39
2.1.7 Susceptancia	38
2.1.8 Modelo equivalente de la línea	40
2.1.9 Potencia máxima de transporte	42
2.1.10 Pérdidas por efecto corona	43
2.1.11 Pérdidas de potencia	46
<b>2.2 CÁLCULO DE AISLADORES</b>	<b>49</b>
2.2.1 Cálculo eléctrico	49
2.2.2 Cálculo mecánico	49
2.2.3 Elección del aislador	51
2.2.4 Determinación del número de aisladores	51
2.2.5 Verificación de los niveles de aislamiento	52
<b>2.3 CÁLCULO DE HERRAJES</b>	<b>54</b>
2.3.1 Cadenas de suspensión para LA-380	54
2.3.2 Cadenas de amarre para LA-380	54
2.2.3 Cadenas de suspensión para OPGW FO 15	55
2.2.4 Cadenas de amarre para OPGW FO 15	56
<b>2.4 CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA (OPGW)</b>	<b>57</b>

2.4.1 Características mecánicas del conductor y cable de guarda (OPGW)	57
2.4.2 Hipótesis de partida	57
2.4.2.1 Límite estático	58
2.4.2.2 Límite dinámico	58
2.4.2.3 Hipótesis elegidas según alineación	60
2.4.3 Cargas y sobrecargas consideradas	61
2.4.3.1 Tracción máxima por sobrecarga de viento	61
2.4.3.2 Tracción máxima por sobrecarga de viento más hielo	62
2.4.3.3 Comprobación de fenómenos vibratorios	63
2.4.3.4 Flecha máxima con hipótesis de viento	63
2.4.3.5 Flecha máxima con hipótesis de temperatura	63
2.4.3.6 Flecha máxima con hipótesis de hielo	63
2.4.3.7 Flecha mínima	64
2.4.4 Tablas de resultantes	65
2.4.5 Tracciones	68
2.4.6 Tablas de tracciones por alineación	77
<b>2.5 CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS</b>	<b>134</b>
2.5.1 Apoyos de suspensión en alineación	134
2.5.2 Apoyos de anclaje en alineación	135
2.5.3 Apoyos de anclaje en ángulo	137
2.5.4 Apoyos de fin de línea	138
2.5.5 Tablas de esfuerzos en punta de cruceta por apoyo	140
<b>2.6 DISTANCIAS</b>	<b>153</b>
2.6.1 Distancias entre conductores	153
2.6.1.1 Distancia con viento	154
2.6.1.2 Distancia con hielo	155
2.6.1.3 Distancia con temperatura	156
2.6.2 Distancia entre los conductores de fase y las partes puestas a tierra	156
2.6.3 Distancias al terreno	162
2.6.4 Distancias a otras líneas	163

2.6.4.1 Cruzamientos	163
2.6.4.2 Paralelismos	164
2.6.5 Distancia a carreteras	164
2.6.5.1 Cruzamientos	166
2.6.6 Distancia a ferrocarriles electrificados	166
2.6.6.1 Cruzamientos	167
2.6.7 Distancias a ríos y canales	168
2.6.7.1 Cruzamientos	168
2.6.8 Paso por zonas	169
2.6.8.1 Bosques, árboles y masas de arbolado	169
2.6.8.2 Edificios, construcciones y zonas urbanas	169
2.6.8.3 Proximidad a parques eólicos	170
2.6.9 Altura libre de los apoyos	170
<b>2.7 CÁLCULO DE CIMENTACIONES</b>	<b>176</b>
2.7.1 Comprobación al arranque	176
2.7.2 Comprobación a compresión	179
2.7.3 Datos para el cálculo de las cimentaciones	181
<b>2.8 PUESTA A TIERRA DE APOYOS</b>	<b>182</b>

## 2.1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### 2.1.1 DENSIDAD MÁXIMA DE CORRIENTE

La densidad máxima de corriente para cada conductor en régimen permanente de corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deducirá de las densidades máximas de corriente y los coeficientes de reducción indicados en el Apdo. 4.2.1 de la ITC 07 del RLAT.

En dicho apartado se indica que, para el cálculo de la densidad de corriente de conductores de aluminio-acero se debe tomar de la tabla que figura a continuación, el valor de densidad de corriente correspondiente a su sección total, como si se tratase de aluminio. Valor que se multiplicara por un coeficiente de reducción determinado dependiente de la composición del conductor.

En el presente caso, al tratarse del LA-380, la composición es 54 alambres de aluminio por 7 de acero, por lo que el coeficiente de reducción es 0,95, tal y como indica el RLAT.

Sección nominal ( $mm^2$ )	Densidad de corriente ( $A/mm^2$ )		
	Cobre	Aluminio	Aleación de Aluminio
<b>10</b>	8,75	-	-
<b>15</b>	7,60	6,00	5,60
<b>25</b>	6,35	5,00	4,65
<b>35</b>	5,75	4,55	4,25
<b>50</b>	5,10	4,00	3,70
<b>70</b>	4,50	3,55	3,30
<b>95</b>	4,05	3,20	3,00
<b>125</b>	3,70	2,90	2,70
<b>160</b>	3,40	2,70	2,50
<b>200</b>	3,20	2,50	2,30
<b>250</b>	2,90	2,30	2,15
<b>300</b>	2,75	2,15	2,00
<b>400</b>	2,50	1,95	1,80
<b>500</b>	2,30	1,80	1,70
<b>600</b>	2,10	1,65	1,55

En la presente línea, con conductor de sección nominal de  $381 mm^2$ , se debe interpolar entre los datos de la tabla para obtener el valor de la densidad de corriente correcta:

$$\sigma_{Al} = \left[ \frac{\sigma_{Al_{menor}} - \sigma_{Al_{mayor}}}{S_{mayor} - S_{menor}} \cdot (S - S_{menor}) \right] + \sigma_{Al_{mayor}}$$

Obteniendo para LA-380:

$$\sigma_{Al} = \left[ \left( \frac{1,95 - 2,15}{400 - 300} \right) \cdot (381 - 300) \right] + 2,15 = 1,9880 \text{ A/mm}^2$$

Teniendo en cuenta el coeficiente de reducción citado anteriormente, obtenemos la densidad de corriente correspondiente al conductor LA-380, se obtiene:

$$\sigma_{LA-380} = 1,988 \cdot 0,95 = 1,8886 \text{ A/mm}^2$$

### 2.1.2 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La intensidad máxima admisible por el conductor será la que corresponda al producto de la densidad de corriente por la sección, es decir:

$$I_{adm} = \sigma_{LA-380} \cdot S = 1,8886 \cdot 381 = 719,5566 \text{ A}$$

Por lo tanto, para LA-380 tendremos los siguientes valores:

<b>CONDUCTOR</b>	<b>337-AL1/44-ST1A (LA-380 GULL)</b>
<b>Densidad de corriente (A/mm<sup>2</sup>)</b>	1,8886
<b>Intensidad máxima admisible (A)</b>	719,5566

### 2.1.3 RESISTENCIA

La resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura  $\theta$  viene dada por la siguiente expresión:

$$R_{\theta} = R'_{\theta} \cdot (1 + \gamma_s) \frac{\Omega}{km}$$

Donde:

$R_{\theta}$ : Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/km$ )



$R'_\theta$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/km$ )

$y_s$ : Factor de efecto pelicular

Como se desprende de las expresiones dadas, en el cálculo de la resistencia en corriente alterna se debe tener en cuenta el valor de la resistencia en corriente continua. El valor de la resistencia en corriente continua en un conductor es inferior al de la corriente alterna debido al efecto pelicular  $y_s$  (skin) y en su caso, el efecto de proximidad  $y_p$ .

El efecto pelicular o skin  $y_s$ , provoca una reducción efectiva de la sección del conductor debido al desplazamiento de corriente hacia la periferia del mismo produciendo un incremento de la resistencia eléctrica en un orden de magnitud, habitualmente no superior al 4%. Además, en un haz de conductores existe el efecto de proximidad creado por la influencia de la corriente de conductores del haz que también provocan una reducción efectiva de la sección. Este efecto no ha sido tenido en cuenta por ser despreciable en líneas aéreas.

El valor de la resistencia por unidad de longitud en corriente continua a la temperatura  $\theta$  viene dado por la siguiente expresión:

$$R'_\theta = R'_{20} \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)]$$

Donde:

$R'_\theta$ : Resistencia del conductor con corriente continua a temperatura  $\theta$ °C ( $\Omega/km$ )

$R'_{20}$ : Resistencia del conductor con corriente alterna a temperatura de 20°C ( $\Omega/km$ )

$\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de temperatura (°C)

$\theta$ : Temperatura de servicio (°C)

Se tienen que tener en cuenta los siguientes valores dados por el proveedor del conductor:

<b>CONDUCTOR</b>	<b>337-AL1/44-ST1A (LA-380 GULL)</b>
$R'_{20}$ ( $\Omega/km$ )	0,0857
$\alpha_{20}$ ( $^{\circ}C^{-1} \cdot 10^{-3}$ )	4,0300

El valor del efecto pelicular se calcula por la teoría de Kelvin con la ecuación:

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + (0,8 \cdot x_s^4)}$$

Siendo:

$$x_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-7}}{R'_\theta}$$

Donde:

$f$ : Frecuencia de la red (Hz)

$R'_\theta$ : Resistencia del conductor con corriente continua ( $\Omega/Km$ )

Teniendo en cuenta todo lo definido, se obtienen los siguientes valores para cada uno de los circuitos de la línea:

TEMPERATURA	$R'_\theta$ ( $\Omega/km$ )	$X_s$	$Y_s$	$R_{circuito\ simple}$ ( $\Omega/km$ )
20	0,0857	0,0383	$1,12 \cdot 10^{-8}$	0,0857
50	0,0961	0,0362	$0,89 \cdot 10^{-8}$	0,0961
75	0,1047	0,0346	$0,75 \cdot 10^{-8}$	0,1047
85	0,1081	0,0341	$0,70 \cdot 10^{-8}$	0,1081

Dado que la presente línea es de circuito doble tríplex, el valor de la resistencia total será la siguiente:

$$R_{\theta-fase} = \frac{R_\theta}{n^\circ \text{ de circuitos} \cdot n^\circ \text{ conductores}} \left( \frac{\Omega}{km} \right)$$

Quedando los siguientes valores de resistencia tanto por unidad de longitud como para la totalidad de la línea en función de la temperatura:

TEMPERATURA	$R_{circuito\ doble}$ ( $\Omega/km$ )	$R_{circuito\ doble}$ ( $\Omega$ )
20	0,0143	0,8614
50	0,0160	0,9638
75	0,0175	1,0542
85	0,0180	1,0843

### 2.1.4 REACTANCIA

La reactancia de la línea, por unidad de longitud y por fase, para líneas equilibradas, se determinara mediante la siguiente expresión:

$$X = 2\pi fL (\Omega/km)$$

Por tanto, el valor de la reactancia depende de la inducción, fuerza electromagnética creada en los conductores recorridos por una corriente alterna y senoidal que es proporcional a la velocidad de la variación de la corriente.

El coeficiente de inducción mutua por unidad de longitud viene dado por la expresión:

$$L_k = \left( \frac{\mu}{2n} + 4,605 \cdot \log \frac{DMG}{RMG} \right) \cdot 10^{-4} \left( \frac{H}{km} \right)$$

Siendo:

$\mu$ : Permeabilidad magnética del conductor, que para el aluminio-acero tiene un valor de 1

$DMG$ : Distancia media geométrica entre conductores ( $mm$ )

$RMG$ : Radio medio geométrico (ficticio) del grupo de conductores de la fase ( $mm$ )

$$RMG = \sqrt[n]{(n \cdot r \cdot R^{n-1})}$$

$n$ : Número de conductores por fase:

$n = 1$  para fases simples

$n = 2$  para fases dúplex

**$n = 3$  para fases tríplex**

$n = 4$  para fases cuádruplex

$f$ : Frecuencia de la red ( $Hz$ )

Para la configuración de la presente línea (doble circuito tríplex), se toman estas características tienen las siguientes expresiones:

$$RMG = \sqrt[3]{r \cdot \Delta^2}$$

$$DMG = \sqrt[6]{D_{ab} \cdot D_{ab'} \cdot D_{bc} \cdot D_{bc'} \cdot D_{ca} \cdot D_{ca'}}$$

$r$ : Radio del conductor ( $mm$ )

$n$ : Número de subconductores del haz

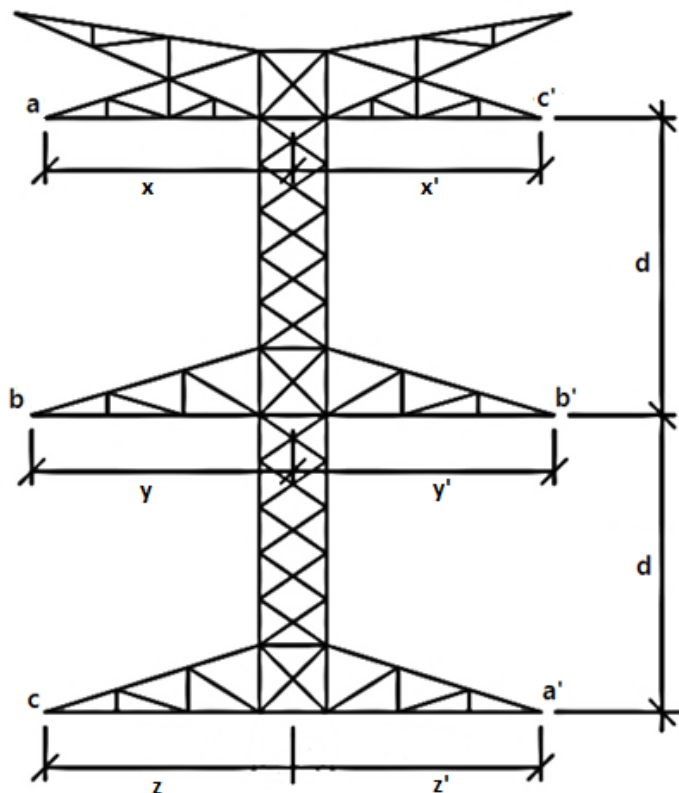
$\Delta$ : Separación entre los centros de los conductores (mm)

$D_{j,k}$ : Distancia entre el conductor  $j$  y el conductor  $k$  (mm)

Las dimensiones de las crucetas utilizadas en el presente proyecto son las siguientes:

APOYOS	DIMENSIONES (metros)							RMG (mm)	DMG (mm)
	x	x'	y	y'	z	z'	d		
<b>42S1</b>	6,60	6,60	7,85	7,85	6,60	6,60	8,00	126,660	12479,570
<b>42S2</b>	6,80	6,80	8,05	8,05	6,80	6,80	8,00	126,660	12630,053
<b>42A2</b>	6,90	6,90	8,35	8,35	7,30	7,30	8,00	126,660	12870,796
<b>42A3</b>	7,20	7,20	8,65	8,65	7,60	7,60	8,00	126,660	13089,931
<b>42A4</b>	7,60	6,70	9,05	8,15	8,00	7,10	8,00	126,660	13053,601
<b>42A4 (F.L.)</b>	6,70	6,70	8,15	8,15	7,10	7,10	8,00	126,660	12569,239

Según quedan representadas en la siguiente figura dada por el fabricante:



Y así se calculan los resultados finales:

CRUCETA	$L_{\text{circuito simple}}$ (H/km)	$X_{\text{circuito simple}}$ ( $\Omega$ /km)	$L_{\text{circuito doble}}$ (H/Km)	$X_{\text{circuito doble}}$ ( $\Omega$ /Km)
<b>42S1</b>	$9,347 \cdot 10^{-4}$	0,2936	$4,674 \cdot 10^{-4}$	0,1468
<b>42S2</b>	$9,371 \cdot 10^{-4}$	0,2944	$4,685 \cdot 10^{-4}$	0,1472
<b>42A2</b>	$9,409 \cdot 10^{-4}$	0,2956	$4,704 \cdot 10^{-4}$	0,1478
<b>42A3</b>	$9,443 \cdot 10^{-4}$	0,2966	$4,721 \cdot 10^{-4}$	0,1483
<b>42A4</b>	$9,437 \cdot 10^{-4}$	0,2965	$4,718 \cdot 10^{-4}$	0,1482
<b>42A4 (F.L.)</b>	$9,361 \cdot 10^{-4}$	0,2941	$4,681 \cdot 10^{-4}$	0,1470

Para obtener los resultados para circuito doble, solamente basta dividir el resultado de circuito simple entre 2.

### 2.1.5 CONDUCTANCIA

Las pérdidas por conductancia se deben a la corriente que aparece entre los conductores y el apoyo debido a la existencia de un aislamiento imperfecto. Dicha corriente puede ser por la superficie de los aisladores o a través de su masa.

La conductancia de la línea por unidad de longitud y por fase depende de la tensión de la línea, del aislador utilizado, del nº de aisladores por km y del estado de tiempo pudiéndose calcular según la siguiente expresión:

$$G_k = \frac{P_{ais}}{U^2/3} \cdot 10^{-3} \left( \frac{S}{km} \right)$$

Donde:

$P_{ais}$ : Pérdida de potencia en cada fase de la línea debida a la conductancia de los aisladores (kW/km)

$U$ : Tensión nominal compuesta de la línea (kV)

Se debe tomar como tensión compuesta máxima media de la línea, un 5% superior a la nominal de la línea (420 kV), teniendo en cuenta que la tensión de la misma varía desde el extremo emisor al extremo receptor debido a la caída de tensión.

La pérdida de potencia a través de los aisladores varía en función de las condiciones climatológicas. Considerando unas pérdidas de potencia con tiempo seco de 3 W/cadena y de 20 W/cadena con tiempo húmedo (valores máximos según el grado de humedad), se obtienen los siguientes resultados con la siguiente expresión:

$$P_{ais} = \frac{w_n}{a_m} \cdot 10^{-3} \left( \frac{W}{km} \right)$$

Siendo:

$a_m$ : Vano medio de la línea (km)

$w_n$ : Pérdidas por aisladores (W)

El vano medio de la línea se calcula mediante una sencilla media aritmética. Se divide la longitud de la línea (60,239 km) entre el número de apoyos, restándole 1 (128):

$$a_m = \frac{\text{Longitud línea}}{N^{\circ} \text{ Apoyos} - 1} = \frac{60,239}{129 - 1} = 0,4706 \text{ km}$$

Así entonces, nos quedan los resultados:

CONDICIONES CLIMÁTICAS	$w_n$ (W/cadena)	$P_{ais}$ (kW/km)	$G_{circuito simple}$ (S/km)	$G_{circuito doble}$ (S/km)
TIEMPO SECO	3	$6,375 \cdot 10^{-3}$	$1,084 \cdot 10^{-10}$	$2,168 \cdot 10^{-10}$
TIEMPO HÚMEDO	20	$42,499 \cdot 10^{-3}$	$7,228 \cdot 10^{-10}$	$14,456 \cdot 10^{-10}$

Debido a que la conductancia aumenta significativamente cuando la contaminación y la humedad se incrementan, a efectos de diseño, en lo que respecta a la caída de tensión, el efecto de la conductancia suele despreciarse. Para líneas de tensiones superiores a 120 kV los valores de conductancia son del orden siguiente:

CONDICIONES CLIMÁTICAS	CONDUCTANCIA
Tiempo seco	$1 \cdot 10^{-8} - 10 \cdot 10^{-8}$
Tiempo húmedo	$10 \cdot 10^{-8} - 30 \cdot 10^{-8}$

Escogeremos las opciones más desfavorables con lo que el valor de la conductancia estimado será el más alto de cada rango:

CONDICIONES CLIMÁTICAS	$G_{circuito simple}$ (S/km)	$G_{circuito doble}$ (S/km)
CON TIEMPO SECO	$10 \cdot 10^{-8}$	$20 \cdot 10^{-8}$
CON TIEMPO HÚMEDO	$30 \cdot 10^{-8}$	$60 \cdot 10^{-8}$

### 2.1.6 CAPACITANCIA

La capacidad por unidad de longitud viene dada por la siguiente expresión:

$$C_k = \frac{24,2}{\log \frac{DMG}{RMG}} \cdot 10^{-9} \left( \frac{F}{km} \right)$$

La siguiente tabla muestra la capacidad kilométrica en función de la distancia media geométrica que se obtiene con cada una de las crucetas utilizadas:

CRUCETA	DMG (mm)	RMG (mm)	$C_{\text{circuito simple}}$ (F/Km)	$C_{\text{circuito doble}}$ (F/Km)
<b>42S1</b>	12479,570	126,660	$1,214 \cdot 10^{-8}$	$2,428 \cdot 10^{-8}$
<b>42S2</b>	12630,053	126,660	$1,211 \cdot 10^{-8}$	$2,422 \cdot 10^{-8}$
<b>42A2</b>	12870,796	126,660	$1,206 \cdot 10^{-8}$	$2,412 \cdot 10^{-8}$
<b>42A3</b>	13089,931	126,660	$1,201 \cdot 10^{-8}$	$2,402 \cdot 10^{-8}$
<b>42A4</b>	13053,601	126,660	$1,202 \cdot 10^{-8}$	$2,404 \cdot 10^{-8}$
<b>42A4 (F.L.)</b>	12569,239	126,660	$1,212 \cdot 10^{-8}$	$2,424 \cdot 10^{-8}$

Para obtener los resultados para circuito doble, solamente basta multiplicar el resultado de circuito simple por 2.

### 2.1.7 SUSCEPTANCIA

La susceptancia de una línea, por unidad de longitud y por fase, para líneas equilibradas se determinara mediante la siguiente expresión:

$$B_k = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_k$$

Donde:

$f$ : Frecuencia de la red

$C_k$ : Capacidad por unidad de longitud

La siguiente tabla muestra la susceptancia por unidad de longitud para un único circuito:

CRUCETA	$B_{\text{circuito simple}} (S/Km)$	$B_{\text{circuito doble}} (S/Km)$
<b>42S1</b>	$3,814 \cdot 10^{-6}$	$7,628 \cdot 10^{-6}$
<b>42S2</b>	$3,804 \cdot 10^{-6}$	$7,608 \cdot 10^{-6}$
<b>42A2</b>	$3,788 \cdot 10^{-6}$	$7,576 \cdot 10^{-6}$
<b>42A3</b>	$3,774 \cdot 10^{-6}$	$7,548 \cdot 10^{-6}$
<b>42A4</b>	$3,777 \cdot 10^{-6}$	$7,553 \cdot 10^{-6}$
<b>42A4 (F.L.)</b>	$3,808 \cdot 10^{-6}$	$7,615 \cdot 10^{-6}$

Para obtener los resultados para circuito doble, solamente basta multiplicar el resultado de circuito simple por 2.

### 2.1.8 MODELO EQUIVALENTE DE LA LÍNEA

A partir de la determinación de los parámetros eléctricos de la línea podrán establecerse las ecuaciones en régimen permanente que relacionan la tensión y la corriente en cualquier punto de la línea. Estas ecuaciones se pueden plantear de forma simplificada, a través de diferentes modelos equivalentes dependiendo de la longitud de la línea.

El equivalente serie de la línea, compuesto por la resistencia  $R$  y la reactancia inductiva  $X$ , es válido para líneas cortas (hasta 50 Km). Para aquellas líneas cuya longitud este entre 50 y 300 Km es recomendable usar el equivalente en “ $\pi$ ” o en “ $t$ ” en el cual se considera además el efecto de la capacidad de la línea.

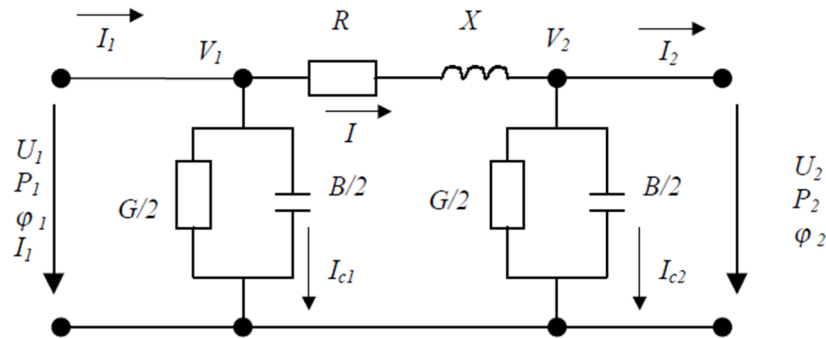
Por último, para líneas de gran longitud (por encima de 300 Km) debe establecerse la ecuación de la línea utilizando parámetros distribuidos, que tiene en cuenta la propagación de la onda de tensión y de corrientes a lo largo de la línea, resultando una ecuación en senos y cosenos hiperbólicos.

Para la presente línea, se representará el circuito monofásico equivalente en “ $\pi$ ”.

#### ESQUEMA EQUIVALENTE EN “ $\pi$ ”:

Las ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea se representaran físicamente mediante el siguiente esquema eléctrico:





Considerando la ausencia de carga al final de la línea ( $P_2 = Q_2 = S_2 = 0$ ), las restantes expresiones quedaran como sigue:

Ángulo al final de la línea:  $\varphi_2 = 0$

Intensidad al final de la línea:

$$\bar{I}_2 = \frac{P_2}{U_2 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi_2} \angle \varphi_{V2} - \varphi_2$$

La intensidad que se deriva por la segunda admitancia transversal es:

$$\bar{I}_{C2} = \bar{V}_2 \cdot \frac{\bar{B}}{2}$$

La intensidad que pasará por la resistencia y la reactancia de la línea será:

$$\bar{I} = \bar{I}_{C2} + \bar{I}_2 = \bar{I}_{C2}$$

Ya que la intensidad al final de línea es cero. Con el valor de esta intensidad central, es posible hallar la tensión en el extremo inicial de la línea, ésta vendrá dada por:

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_2 + (R_L + jX_L) \cdot \bar{I}$$

Conocido el valor de la tensión en el origen, podemos hallar la intensidad que se deriva por la primera admitancia transversal:

$$\bar{I}_{C1} = \bar{V}_1 \cdot \frac{\bar{B}}{2}$$

Conocidas ( $\bar{I}_{C1}$ ) e ( $\bar{I}$ ), podemos hallar la intensidad en el origen:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_{C1} + \bar{I}$$

Siendo el valor de la intensidad:

$$\bar{I}_{1L} = \bar{I}_{1Fase}$$

Y el de la tensión:

$$\bar{U}_{1L} = \bar{V}_{1Fase} \cdot \sqrt{3}$$

Finalmente hallamos el ángulo total al inicio de línea:  $\varphi_1 = \varphi_{U1} - \varphi_{I1}$

Conocidas la tensión, la intensidad y ángulo inicial, podremos hallar las potencias iniciales:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \quad [\text{Potencia activa}]$$

$$Q_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \varphi \quad [\text{Potencia reactiva}]$$

$$\bar{S}_1 = \bar{U}_1 \cdot \bar{I}_1 \cdot \sqrt{3} = (P_1 + jQ_1) \quad [\text{Potencia aparente}]$$

La pérdida de potencia valdrá:

$$\Delta P = \frac{|P_1| - |P_2|}{|P_2|} \cdot 100 (\%)$$

Y el rendimiento del sistema estará definido por:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 (\%)$$

### 2.1.9 POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE

La potencia máxima que puede transportar la línea vendrá limitada por la intensidad máxima admisible del conductor o por la caída de tensión máxima que se fije y que, en general, no deberá exceder del 5 %.

La máxima potencia de transporte de la línea, limitada por la intensidad máxima admisible, se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P_{max} = n \cdot n' \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{adm} \cdot \cos \varphi \quad (MW)$$

Donde:

$n$ : Número de circuitos

$n'$ : Número de conductores por fase

$U$ : Tensión nominal compuesta (kV)

$I_{adm}$ : Intensidad máxima admisible del conductor ( $kA$ )

$\cos \varphi$ : Factor de potencia de la carga receptora

De este modo, la potencia máxima de transporte en función del factor de potencia se muestra a continuación:

$\cos \varphi$	$P_{max}(MW)$
<b>0,8</b>	2392,912
<b>0,85</b>	2542,470
<b>0,9</b>	2692,027
<b>0,95</b>	2841,584
<b>1</b>	2991,141

#### 2.1.10 PÉRDIDAS POR EFECTO CORONA

Tal y como se recoge en el apdo. 4.3 de la ITC 07 del RLAT, la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corona será preceptiva en las líneas de tensión superior a 66  $kV$ .

Cuando el potencial del conductor de la línea es elevado, puede que el aire circundante quede ionizado y que se supere la rigidez dieléctrica de este, perdiendo su capacidad como aislante y pasando a conducir, por lo que parte de los electrones que circulaban a través de la línea lo harán ahora a través del aire, dando lugar a una corriente de fuga.

Si el gradiente de potencial en la superficie del conductor alcanza este valor crítico se generan pérdidas de energía importantes al producirse una ruptura parcial del dieléctrico que es el aire.

En algunos conductores aéreos, el efecto es visible en la oscuridad, pudiéndose apreciar cómo quedan envueltos por un halo luminoso, azulado, de sección transversal circular, en forma de corona, razón por la cual este fenómeno recibe el nombre de efecto corona.

La tensión para la que el gradiente es igual a la rigidez dieléctrica del aire pero el efecto corona no es aun visible se llama tensión critica disruptiva. Aquella tensión para la cual los efluvios comienzan a ser visibles se llama tensión crítica visual. La tensión disruptiva es de valor menos que la visual. Para los cálculos de perdida de potencia por efecto corona, se opera siempre con los valores de la disruptiva. Las pérdidas de potencia debidas al efecto corona empiezan a producirse desde el momento en que la tensión critica disruptiva sea menos que la de la línea.

Por lo tanto, el efecto corona consiste en la pérdida de potencia a través del aire cuando la tensión en la línea supera la tensión crítica disruptiva. La tensión crítica disruptiva que presenta la línea queda definida mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = 21,2 \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot r \cdot \ln \left( \frac{DMG}{RMG} \right)$$

Donde:

$U_c$ : Tensión crítica disruptiva (kV)

$m_c$ : Coeficiente de rugosidad del conductor (0,87  $\rightarrow$  conductor formado por hilos)

$\delta$ : Factor de corrección de la densidad del aire

$m_t$ : Coeficiente meteorológico (0,8 para tiempo húmedo y 1 para tiempo seco)

$r$ : Radio del conductor (1,27 cm)

DMG: Distancia media geométrica entre las fases (más desfavorable) (mm)

RMG: Radio medio geométrico (ficticio) del grupo de conductores de la fase (mm)

El factor de corrección de la densidad del aire depende de la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra la línea y se expresa de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{273 + 25}{76} \cdot \frac{h}{273 + \theta}$$

Donde:

$\theta$ : Temperatura correspondiente a la altitud del punto que se considere ( $^{\circ}\text{C}$ )

$h$ : Presión barométrica de columna de mercurio (cm)

Para hallar la presión barométrica se recurre a la fórmula de Halley, cuya expresión es la siguiente:

$$\log h = \log 76 - \frac{y}{18836}$$

Para la presente línea, se ha considerado para los cálculos una altura de 653m sobre el nivel del mar, por ser esta la altura más desfavorable de dicha línea. Esta altura es la correspondiente al apoyo nº 124 (42S2), situado en Zona B (42°38'57.88"N / 1°39'17.89"O).

Operando:

$$\log h = \log 76 - \frac{653}{18836}$$

Se obtiene  $h=70,17 \text{ cm}$

El factor de corrección de la densidad del aire depende también de la temperatura, a continuación se muestra dicho factor en función de la temperatura máxima y mínima que puede haber en esta zona.

Considerando las siguientes temperaturas para la zona en la que se encuentra la línea:

- Temperatura máxima: 35°C
- Temperatura mínima: -15°C

El factor de corrección de la densidad del aire será el siguiente:

$$\delta_{max} = \frac{273 + 25}{76} \cdot \frac{h}{273 + \theta_{max}}$$

$$\delta_{min} = \frac{273 + 25}{76} \cdot \frac{h}{273 + \theta_{min}}$$

$$\delta_{max} = 0,893 \quad \delta_{min} = 1,066$$

Las tensiones críticas disruptivas máxima y mínima para tiempo seco y húmedo serán las que se detallan en la siguiente tabla:

<b>CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS</b>	$U_{c_{max}}(kV)$	$U_{c_{min}}(kV)$
<b>Tiempo seco</b>	96,302	114,963
<b>Tiempo húmedo</b>	77,041	91,970

Según este resultado y teniendo en cuenta la tensión más elevada de la línea ( $U_e = 420/\sqrt{3} \text{ kV}$ ), comprobaremos si existe efecto corona:

$$U_c > U_e \rightarrow \text{No existe efecto corona} \rightarrow P_c = 0$$

$$U_c < U_e \rightarrow \text{Existe efecto corona} \rightarrow P_c \neq 0$$

Como en nuestro caso se cumple que las tensiones disruptivas son menores que la tensión más elevada de la línea, tendremos que calcular las pérdidas por efecto corona por fase con la siguiente ecuación:

$$P_c = 241 \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r}{DMG}} \cdot \left( \frac{U_e}{\sqrt{3}} - U_c \right)^2 \cdot 10^{-5} \text{ (kW/km)}$$

Donde:

$U_e$ : Tensión más elevada de la red (kV)

$U_c$ : Tensión disruptiva (kV)

Calculamos las pérdidas por fase y por kilómetro:

<b>Condiciones climáticas</b>	$P_{c_{max}}$ (kW/km)	$P_{c_{min}}$ (kW/km)
<b>Tiempo seco</b>	3,884	2,956
<b>Tiempo húmedo</b>	4,975	4,118

Ahora calcularemos la potencia total:

<b>Condiciones climáticas</b>	$P_{c_{max}}$ (kW)	$P_{c_{min}}$ (kW)
<b>Tiempo seco</b>	1403,827	1068,299
<b>Tiempo húmedo</b>	1798,112	1488,253

Para obtener los resultados de la potencia total, habrá que multiplicar, además de la longitud (60,239), el número de fases (3) y el número de circuitos (2).

### 2.1.11 PÉRDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia totales en la línea serán la suma de las perdidas debidas al efecto corona y las perdidas debidas al efecto Joule.

Las primeras dependen de condiciones climatológicas, tensión de la línea, altura sobre el nivel del mar, tipo de conductor empleado y configuración de la línea y como ya se ha demostrado en el presente proyecto, serán nulas para el funcionamiento de la línea.

Las segundas dependen de la intensidad de corriente de la línea y del estado de los aisladores y son determinadas a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3 \cdot L \cdot R \cdot I^2$$

Donde:

$L$ : Longitud de la línea ( $km$ )

$R$ : Resistencia por fase y kilometro ( $\Omega/km$ )

$I$ : Intensidad de la línea ( $A$ )

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

$P$ : Potencia máxima de transporte ( $kW$ )

$U$ : Tensión compuesta ( $kV$ )

$\cos \varphi$ : Factor de potencia

Se llega a la conclusión de que la pérdida de potencia en tanto por ciento será la obtenida a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot 100 (\%)$$

La potencia máxima de transporte por circuito viene dada por la compañía, pero según la estación del año se distinguen dos valores:

- 1876 MVA en Invierno
- 1616 MVA en Verano

Para distinguir entre estaciones, utilizaremos el valor de  $R$  referido a las temperaturas máximas de cada estación. Para invierno utilizaremos como máxima  $20^\circ$  ( $0,0857 \Omega/km$ ) y para verano utilizaremos como máxima  $35^\circ$  ( $0,0909 \Omega/km$ ).

A continuación figura la tabla en la que consta el valor de las pérdidas de potencia en función de los diferentes valores que puede tomar el factor de potencia:

$\cos \varphi$	$\Delta P$ Invierno por circuito (%)	$\Delta P$ Invierno totales (%)	$\Delta P$ Verano por circuito (%)	$\Delta P$ Verano totales (%)
<b>0,8</b>	0,757	1,514	0,693	1,385
<b>0,85</b>	0,712	1,425	0,652	1,303

$\cos \varphi$	$\Delta P$ Invierno por circuito (%)	$\Delta P$ Invierno totales (%)	$\Delta P$ Verano por circuito (%)	$\Delta P$ Verano totales (%)
<b>0,9</b>	0,673	1,345	0,616	1,231
<b>0,95</b>	0,637	1,275	0,583	1,166
<b>1</b>	0,605	1,211	0,554	1,108



## 2.2 CÁLCULO DE AISLADORES

### 2.2.1 CÁLCULO ELÉCTRICO

El aislamiento de las cadenas de aisladores utilizados en las líneas aéreas viene definido por la línea de fuga total de la cadena. En el caso del presente proyecto, los aisladores que se utilizarán son de vidrio.

El nivel de contaminación correspondiente con la zona por la que transcurre la línea es ligero, es decir, de nivel I, tal y como se recoge en la norma UNE 21-062-80. El trazado de la línea discurre por una zona con una baja densidad de industrias y viviendas sometidas frecuentemente a lluvias y vientos considerables. Además, la línea pasará por parcelas dedicadas a la agricultura y ganadería.

De acuerdo al apartado 4.4 de la ITC-LAT 07 del RLAT, la línea de fuga mínima requerida para una zona con nivel de contaminación ligero es de 16 mm/KV. Debido a que Red Eléctrica de España utiliza un

La línea de fuga total de los aisladores se calcula como el producto entre la tensión más elevada de fase y la longitud de la línea de fuga mínima establecida en el paso anterior, es decir:

$$L_{fuga} = U_{max} \cdot l_{min} = 420 \text{ kV} \cdot 19 \text{ mm/kV} = 7980 \text{ mm}$$

### 2.2.2 CÁLCULO MECÁNICO

Según el apartado 3.4 de la ITC-LAT 07 del RLAT el coeficiente de seguridad mecánico a la rotura del aislador no será nunca inferior a 3, es decir, la carga máxima que debe soportar el aislador será su carga de rotura dividida entre 3. A su vez deberá ser mayor que la carga de rotura del conductor, que, en el caso del presente proyecto, es el denominado LA-380.

La carga de rotura del conductor es de 10718 daN, aplicándole un coeficiente de seguridad de 2,5 el tense máximo del conductor será de 4287,2 daN.

Por lo tanto:

$$\frac{Q_{r_{aislador}}}{3} = 4287,2 \text{ daN} \qquad Q_{r_{aislador}} = 12861,6 \text{ daN}$$

#### Cadenas de suspensión

Comprobaremos el correcto dimensionado de las cadenas de suspensión para ver si cumplen el coeficiente de seguridad. Para ello, se considera la hipótesis más desfavorable, es decir, se dimensionan para resistir el peso del hielo sumado al del propio conductor considerando el vano más largo que soporta el tipo de cadena.

El peso del hielo en la zona B en la que se encuentra la línea viene dado por la siguiente expresión:

$$P_h = 0,18 \cdot \sqrt{d}$$

Por lo tanto, el peso que han de soportar se da en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Peso del hielo (<i>daN/m</i>)</b>	0,907
<b>Peso del conductor (<i>daN/m</i>)</b>	1,250
<b>Peso total por unidad de longitud (<i>daN/m</i>)</b>	2,157
<b>Vano más largo (<i>m</i>)</b>	856
<b>Peso por fase (<i>daN</i>)</b>	5539,434
<b>Peso herrajes (<i>daN</i>)</b>	78,018
<b>Peso aisladores (<i>daN</i>)</b>	308,909
<b>Peso total a soportar (<i>daN</i>)</b>	5926,361

De todos los elementos que componen la cadena de suspensión, el de menor carga de rotura es el aislador, luego el coeficiente de seguridad mecánica valdrá:

$$\frac{21000}{5926,361} = 3,54 > 3$$

### Cadenas de amarre

Ahora comprobaremos el correcto dimensionado de las cadenas de amarre para ver si cumplen el coeficiente de seguridad. Para ello, seguiremos el mismo cálculo que para las cadenas de suspensión.

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Peso del hielo (<i>daN/m</i>)</b>	0,907
<b>Peso del conductor (<i>daN/m</i>)</b>	1,250
<b>Peso total por unidad de longitud (<i>daN/m</i>)</b>	2,157
<b>Vano más largo (<i>m</i>)</b>	723
<b>Peso por fase (<i>daN</i>)</b>	4678,583

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Peso herrajes (<i>daN</i>)</b>	186,699
<b>Peso aisladores (<i>daN</i>)</b>	323,619
<b>Peso total a soportar (<i>daN</i>)</b>	5197,901

De todos los elementos que componen la cadena de suspensión, el de menor carga de rotura es el aislador, luego el coeficiente de seguridad mecánica valdrá:

$$\frac{21000}{5197,901} = 4,04 > 3$$

Demostramos así el correcto dimensionado de los dos tipos de cadenas

### 2.2.3 ELECCIÓN DEL AISLADOR

Atendiendo a los cálculos eléctricos y mecánicos, el aislador a utilizar en las cadenas de suspensión y amarre será el U210 B:

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Paso (<i>mm</i>)</b>	170
<b>Tensión perforación aceite (<i>kV</i>)</b>	130
<b>Línea de fuga (<i>mm</i>)</b>	380
<b>Carga de rotura (<i>kN</i>)</b>	210
<b>Peso (<i>Kg</i>)</b>	7,5
<b>Norma de acoplamiento</b>	20

### 2.2.4 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE AISLADORES

El número de aisladores puede ser calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{\text{línea fuga total}}{\text{línea fuga aislador}} + 1^*$$

\* El aislador extra se instalará en las cadenas de amarre por razones operativas de mantenimiento

Para el aislador elegido obtenemos el siguiente resultado:

$$N^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{7980}{380} + 1 = 21 + 1^* \text{ aisladores}$$

### 2.2.5 VERIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento se define por las tensiones soportadas bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto y con una onda de impulso de  $1,2/50 \mu s$ , según normas de la C.E.I.

Los niveles de aislamiento normalizados para la gama II ( $U_m > 245 \text{ kV}$ ) corresponden a:

Tensión más elevada para el material $U_m \text{ kV}$ (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo maniobra			Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo $\text{kV}$ (valor cresta)
	Aislamiento longitudinal $\text{kV}$ (valor de cresta)	Fase-tierra $\text{kV}$ (valor de cresta)	Entre fases (relación al valor de cresta fase-tierra)	
<b>420</b>	850	850	1,60	1050
				1175
	950	950	1,50	1175
				1300
	950	1050	1,50	1300
				1425

Según las especificaciones del fabricante, para el tipo de aislador empleado y una configuración de cadena de 21 elementos, se certifica que en los ensayos realizados dan como resultados:

Nº de aisladores	MODELO U210 B		
	Tensión soportada a frecuencia industrial ( $\text{kV}$ )		Tensión soportada al impulso tipo rayo ( $\text{kV}$ )
	En seco	En lluvia	
<b>19</b>	930	680	1620
<b>20</b>	970	710	1690
<b>21</b>	1000	740	1770
<b>22</b>	1050	775	1840
<b>23</b>	1090	805	1920

Las cadenas de suspensión y amarre estarán formadas por 21 y 22 aisladores U210 B respectivamente, que garantizan las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Longitud de línea de fuga (<i>mm</i>)</b>	7980
<b>Grado de aislamiento (<i>cm/kV</i>)</b>	3,29
<b>Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (<i>kV</i>)</b>	1000
<b>Tensión soportada a frecuencia industrial lluvia (<i>kV</i>)</b>	740
<b>Tensión soportada al choque (<i>kV</i>)</b>	1770

Debido a las características de la línea (tipo tríplex) y al tipo de herrajes utilizados, las cadenas de amarre y suspensión estarán formadas por dos filas de 21 y 22 aisladores según sean de suspensión o amarre.

## 2.3 CÁLCULO DE HERRAJES

La elección de los herrajes se ha realizado de tal manera que la carga de rotura de cada uno de ellos sea superior a la carga de rotura de los aisladores. Por lo cual, se respeta las condiciones reglamentarias de seguridad ya que sus coeficientes de seguridad serán siempre mayores que 3. Además se han tenido en cuenta las dimensiones de los aisladores de tal manera que se permita el montaje.

Aquí se describe detalladamente las características de cada herraje, diferenciando conductor o tipo de cadena

### 2.3.1 CADENAS DE SUSPENSIÓN PARA LA-380

DENOMINACIÓN	CARGA DE ROTURA ( $kN$ )	CANTIDAD	PESO TOTAL ( $daN$ )
GRILLETE RECTO	320	2	2,412
ESLABÓN	320	1	1,422
YUGO SENCILLO DÚPLEX	320	1	12,572
DESCARGADOR SUPERIOR REVIRADO	320	2	3,472
RAQUETA	320	2	9,807
RÓTULA HORQUILLA	320	2	3,491
YUGO DOBLE TRÍPLEX	320	1	14,514
HORQUILLA REVIRADA	320	2	1,373
GRAPA SUSPENSIÓN ARMADA	79	3	18,387
VARILLAS PREFORMADAS	320	3	10,568

### 2.3.2 CADENAS DE AMARRE PARA LA-380

DENOMINACIÓN	CARGA DE ROTURA ( $kN$ )	CANTIDAD	PESO TOTAL ( $daN$ )
GRILLETE RECTO	420	8	9,650
ALARGADERA 80 mm	420	1	1,255

DENOMINACIÓN	CARGA DE ROTURA ( $kN$ )	CANTIDAD	PESO TOTAL ( $daN$ )
ALARGADERA 370 mm	420	1	5,806
ALARGADERA REGULABLE	420	4	105,520
ANILLA BOLA	420	2	2,157
RÓTULA HORQUILLA	420	2	3,491
YUGO TRIANGULAR	420	1	12,572
YUGO TRIANGULAR AMARRE TRIPLEX	420	1	23,928
HORQUILLA REVIRADA	420	2	1,373
GRAPA COMPRESION HORQUILLA	110	3	12,474
DESCARGADOR SUPERIOR	420	2	3,472
RAQUETA	420	1	5,001

### 2.3.3 CADENAS DE SUSPENSIÓN PARA OPGW FO 15

DENOMINACIÓN	CARGA DE ROTURA ( $kN$ )	CANTIDAD	PESO TOTAL ( $daN$ )
GRILLETE RECTO	90	1	0,539
ESLABÓN REVIRADO	90	1	0,333
GRAPA DE SUSPENSIÓN ARMADA	70	2	14,710
VARILLAS PROTECCIÓN	90	1	0,892
CONEXIÓN SENCILLA	90	1	0,363
GRAPA PARALELA ASIMÉTRICA	90	1	0,618
TAPON TERMINAL	-	2	-

### 2.3.4 CADENAS DE AMARRE PARA OPGW FO 15

DENOMINACIÓN	CARGA DE ROTURA ( $kN$ )	CANTIDAD	PESO TOTAL ( $daN$ )
GRILLETE RECTO	120	2	1,079
ESLABÓN REVIRADO	120	2	0,667
ALARGADERA REGULABLE	120	2	52,760
HORQUILLA GUARDACABO	120	2	1,570
RETENCIÓN PREFORMADA	120	2	3,491
VARILLAS PROTECCIÓN	120	2	1,785
CONEXIÓN BAJADA	120	1	0,735



## 2.4 CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA (OPGW)

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA (OPGW)

Conductor LA-380 GULL:

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Sección transversal total (<math>mm^2</math>)</b>	381
<b>Diámetro (<math>mm</math>)</b>	25,4
<b>Carga de rotura nominal (<math>daN</math>)</b>	10718
<b>Masa por unidad de comprimido (<math>daN/m</math>)</b>	1,250
<b>Módulo de elasticidad (<math>daN/mm^2</math>)</b>	7000
<b>Coefficiente de dilatación lineal (<math>^{\circ}C^{-1}</math>)</b>	$19,4 \cdot 10^{-6}$

Cable de guarda (OPGW) FO15:

CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Sección transversal total (<math>mm^2</math>)</b>	118
<b>Diámetro (<math>mm</math>)</b>	15
<b>Carga de rotura nominal (<math>daN</math>)</b>	10650
<b>Masa por unidad de comprimido (<math>daN/m</math>)</b>	0,677
<b>Módulo de elasticidad (<math>daN/mm^2</math>)</b>	12250
<b>Coefficiente de dilatación lineal (<math>^{\circ}C^{-1}</math>)</b>	$13,9 \cdot 10^{-6}$

### 2.4.2 HIPÓTESIS DE PARTIDA

La hipótesis y, por lo tanto, las condiciones de partida se fijarán teniendo en cuenta conjuntamente los límites estático y dinámico, de forma que, según sea la longitud del vano, la hipótesis inicial será la que fije el límite más desfavorable.

#### 2.4.2.1 LÍMITE ESTÁTICO

El límite estático lo fija la tracción máxima admisible, siendo ésta la carga de rotura dividida entre un coeficiente de seguridad, que, según el RLAT nunca será menor de 2,5.

El coeficiente de seguridad utilizado es de 2,5. Es decir, se está permitiendo un máximo de un 40% de la carga de rotura del conductor o cable de guarda. Por tanto la carga de rotura queda limitada a lo que se indica en la siguiente tabla:

<b>Conductor</b>	<b>Carga rotura (daN)</b>	<b>Coeficiente de seguridad</b>	<b>Tracción máxima (daN)</b>
LA-380	10718	2,5	4287,2
FO 15	10650	2,5	4260,0

Además, a la tracción máxima admisible se le deberá someter a la sobrecarga motivada por el hielo y a la presión debida al viento correspondiente, pasando a ser la más desfavorable la hipótesis de partida provisional.

#### 2.4.2.2 LÍMITE DINÁMICO

Según el apartado 3.2.2 ITC-LAT 07, a la hora de determinar las tracciones mecánicas de los conductores y cables de tierra debe tenerse en cuenta la incidencia de posibles fenómenos vibratorios que pueden, no solo acortar la vida útil de los mismos, sino también dar lugar a desgaste y fallos en herrajes, aisladores y accesorios, e incluso en elementos de los apoyos. Estos fenómenos son producidos por la vibración eólica y en el caso de conductores en haz, además, la vibración del subvano (entre separadores).

Las vibraciones eólicas representan un problema en la práctica. Se explica por la tendencia que tiene toda cuerda a vibrar, no debido a vientos fuertes sino a vientos moderados entre 4 y 10 Km/h. Este viento produce depresiones y como consecuencia unas turbulencias que mueven al conductor verticalmente, a una frecuencia desde una decena a varias decenas de Hz y con una amplitud del orden del diámetro del conductor. Estas turbulencias se denominan torbellinos de Von Karman.

Estas oscilaciones pueden dar lugar a la rotura por fatiga de los alambres de los cables, en las proximidades de las grapas de amarre y suspensión.

De aquí a la conveniencia de mantener la tensión dentro de ciertos límites para eludir en lo posible las averías por vibraciones, es decir, la rotura de los hilos componentes de los cables.

Surgen de aquí dos conceptos:

- El concepto de Every Day Stress (EDS) que se define como la tensión a que esté sometido un cable la mayor parte del tiempo correspondiente a la temperatura

media, o temperaturas próximas a ella, y considerando el cable sin sobrecarga. Su valor viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Coef (EDS)} = \frac{\text{Tensión de cada día}}{\text{Carga de rotura del cable}} \cdot 100 (\%)$$

Este coeficiente deberá ser igual o menos que el que se considere admisible.

- El concepto de Cold Hour Stress (CHS) que tiene en cuenta el fenómeno vibratorio eólico del cable en condiciones de temperaturas mínimas frecuentes sin sobrecargas. Su valor viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Coef (CHS)} = \frac{\text{Tensión en horas frías}}{\text{Carga de rotura del cable}} \cdot 100 (\%)$$

Este coeficiente deberá ser igual o menos que el que se considere admisible.

Por lo tanto, los límites dinámicos pretenden proteger la línea de fenómenos vibratorios. Se deberán tener en cuenta los denominados EDS (Every Day Stress) y CHS (Cold Hours Stress).

El EDS trata el fenómeno vibratorio en el conductor, de forma que a 15 °C (temperatura normalizada en España) sin viento, la tensión no debe sobrepasar un valor dado en tanto por ciento de su carga de rotura. En el caso del presente proyecto se ha establecido como límite:

<b>Conductor</b>	<b>Carga rotura (daN)</b>	<b>Tensión EDS (daN)</b>	<b>Porcentaje de rotura</b>
LA-380	10718	2250,78	21%
FO 15	10650	1704,00	16%

El CHS tiene en cuenta el fenómeno vibratorio eólico del conductor y lo estudia en condiciones mínimas frecuentes de temperatura, según la zona en las que la tensión no debe superar un porcentaje de la carga de rotura del conductor. La línea está proyectada en zona B, por lo que la temperatura será de -5 °C. En el caso del presente proyecto se ha establecido como límite:

<b>Conductor</b>	<b>Carga rotura (daN)</b>	<b>Tensión CHS (daN)</b>	<b>Porcentaje de rotura</b>
LA-380	10718	2465,14	23%
FO15	10650	2023,50	19%

### 2.4.2.3 HIPÓTESIS ELEGIDAS SEGÚN ALINEACIÓN

Inicialmente se ha partido de la hipótesis inicial más desfavorable, siendo la hipótesis de hielo más viento. Una vez hechos los cálculos, se han tenido que cambiar las hipótesis, ya que utilizando la hipótesis inicial antes prevista, se superaban los porcentajes de los límites dinámicos determinados anteriormente (EDS y CHS). Por ello en cada alineación se ha utilizado la hipótesis del EDS o CHS según superaban o no los límites establecidos.

ALINEACIÓN	CONDUCTOR LA-380	CABLE DE GUARDA OPGW FO 15
1	CHS	CHS
2	EDS	CHS
3	CHS	CHS
4	CHS	CHS
5	EDS	CHS
6	EDS	CHS
7	EDS	CHS
8	EDS	CHS
9	EDS	CHS
10	CHS	CHS
11	CHS	CHS
12	EDS	CHS
13	EDS	CHS
14	EDS	CHS
15	EDS	CHS
16	EDS	CHS
17	EDS	CHS
18	EDS	CHS
19	EDS	CHS
20	CHS	CHS
21	EDS	CHS
22	EDS	CHS
23	EDS	CHS
24	EDS	CHS
25	CHS	CHS
26	EDS	CHS
27	EDS	CHS
28	CHS	CHS

### 2.4.3 CARGAS Y SOBRECARGAS CONSIDERADAS

En este apartado se explican las diferentes cargas y sobrecargas a las que se pueden someter los cables durante su funcionamiento. Además, se considerará que ciertas cargas puedan darse combinadas, como se verá más adelante. El objetivo de los cálculos mecánicos posteriores es garantizar que los conductores y el cable de guarda pueden trabajar bajo dichas cargas y sobrecargas.

A continuación se explican las hipótesis de trabajo consideradas.

#### 2.4.3.1 TRACCIÓN MÁXIMA POR SOBRECARGA DE VIENTO

Se considerará una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  en el conductor. Para la línea eléctrica de este proyecto, se considerará un viento de  $140\text{ km/h}$  de dirección horizontal sobre el conductor, debido a que es una línea de categoría especial, ejerciendo una fuerza que se define en el RLAT como:

$$F_c = q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Donde,

$q$ : Presión del viento ( $\text{daN/m}^2$ )

$d$ : Diametro del conductor o cable de guarda ( $m$ )

$a_1, a_2$ : Longitud del vano anterior y posterior, respectivamente ( $m$ )

La presión que ejerce el viento sobre un conductor tiene distinta expresión dependiendo del diámetro del mismo.

Así, para los conductores de este proyecto ( $\phi > 16\text{ mm}$ ) se usará la ecuación:

$$q = 50 \cdot \left( \frac{V_v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2$$

Mientras que para el cable de guarda ( $\phi \leq 16\text{ mm}$ ) se usará la ecuación:

$$q = 60 \cdot \left( \frac{V_v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2$$

Siendo,

$V_v$ : Velocidad del viento ( $\text{km/h}$ )

Por otro lado se deberá calcular la presión que el viento ejerce sobre el conductor con las características de la línea: La sobrecarga del viento se calculará con la siguiente expresión:

$$p_v = q \cdot \phi$$

Donde,

$q$ : Presión que ejerce el viento sobre el conductor ( $daN/m^2$ )

$\phi$ : Diámetro del conductor ( $m$ )

Así la resultante total se calculará con la ecuación:

$$p = \sqrt{p_p^2 + p_v^2}$$

Siendo,

$p_p$ : Peso propio del conductor ( $daN/m$ )

$p_v$ : Sobrecarga debida al viento ( $daN/m$ )

#### 2.4.3.2 TRACCIÓN MÁXIMA POR SOBRECARGA DE VIENTO MÁS HIELO

Para la hipótesis combinada de hielo más viento, se considerara una temperatura de  $-15^\circ\text{C}$ . Debido a que la altitud media sobre el nivel del mar de la línea es superior a 500 m, se debe considerar la posible sobrecarga de hielo. Sobre el conductor se forma un manguito de hielo que aumenta la componente vertical de tensión y la sección transversal. El peso de dicho manguito, por tener una altitud media sobre el nivel del mar inferior a 1000 m es de:

$$p_h = 0,18 \cdot \sqrt{d}$$

Donde:

$d$ : Diámetro del conductor o cable de guarda ( $mm$ )

Por otro lado, el espesor del manguito de hielo se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$esp_{mh} = -\phi + \sqrt{\frac{\phi^2}{4} + \frac{240 \cdot \sqrt{\phi}}{\pi}}$$

Donde,

$\phi$ : Diámetro del conductor o cable de guarda ( $mm$ )

La velocidad de viento a considerar será 60 km/h para el cálculo de la fuerza que ejerce el viento. Además, se deberá tener en cuenta en el diámetro el espesor adicional del manguito de hielo, utilizando la ecuación:

$$p = \sqrt{(p_h + p_p)^2 + p_v^2}$$

Siendo,

$p_p$ : Peso propio del conductor (daN/m)

$p_v$ : Sobrecarga debida al viento (daN/m)

$p_h$ : Sobrecarga debida al hielo (daN/m)

#### 2.4.3.3 COMPROBACIÓN DE FENÓMENOS VIBRATORIOS

El objetivo es la cuantificación y evaluación de posibles fenómenos vibratorios originados por el viento que pueden acortar la vida de un conductor o del cable de guarda, o desgastar los herrajes. Por ello, se comprobará que a una temperatura de 15°C, la tracción no supere el 21% de la carga de rotura en el caso del límite EDS; y a -5°C, la tracción no supere el 23% en el caso del límite CHS.

#### 2.4.3.4 FLECHA MÁXIMA CON HIPÓTESIS DE VIENTO

Se calculará la flecha máxima considerando al conductor o cable de guarda sometido a la acción de su propio peso con una sobrecarga de viento, para una velocidad de 140 km/h y una temperatura de 15°C.

#### 2.4.3.5 FLECHA MÁXIMA CON HIPÓTESIS DE MÁXIMA TEMPERATURA

Se calculará la flecha máxima considerando al conductor o cable de guarda sometido a la acción de su propio peso a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta la localización y las condiciones de funcionamiento. Por ser una línea de categoría especial, se tomará una temperatura de 85°C para los conductores y 50°C para el cable de guarda.

#### 2.4.3.6 FLECHA MÁXIMA CON HIPÓTESIS DE HIELO

Se calculará la flecha máxima considerando al conductor o cable de guarda sometido a la acción de su propio peso con una sobrecarga de hielo a la temperatura de 0°C.

#### 2.4.3.7 FLECHA MÍNIMA

Se utiliza para comprobar en el perfil longitudinal la existencia de tiro ascendente sobre los apoyos y comprobar las distancias de seguridad en los cruzamientos de la línea con otras líneas eléctricas. Se calcula la flecha mínima considerando al conductor o cable de guarda sin sobrecargas a la temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$ .



# TABLAS DE RESULTANTES

CONDUCTOR LA-380 GULL

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	PESO CONDUCTOR (daN/m)	SOBRECARGA HIELO		SOBRECARGA VIENTO			RESULTANTE (daN/m)
			ESPESOR MANGUITO (mm)	PESO HIELO (daN/m)	PRESIÓN DE VIENTO (daN/m) <sup>2</sup>	DIÁMETRO ÚTIL (mm)	FUERZA DEL VIENTO (daN/m)	
<b>Viento</b>	-10	1,250	0,000	0,000	68,056	25,400	1,729	2,133
<b>Viento + Hielo</b>	-15	1,250	10,673	0,907	12,500	46,746	0,584	2,235
<b>EDS</b>	15	1,250	0,000	0,000	0,000	25,400	0,000	1,250
<b>CHS</b>	-5	1,250	0,000	0,000	0,000	25,400	0,000	1,250
<b>Flecha máxima viento</b>	15	1,250	0,000	0,000	68,056	25,400	1,729	2,133
<b>Flecha máxima temperatura</b>	85	1,250	0,000	0,000	0,000	25,400	0,000	1,250
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	1,250	10,673	0,907	0,000	46,746	0,000	2,157
<b>Flecha mínima</b>	-15	1,250	0,000	0,000	0,000	25,400	0,000	1,250

CABLE DE GUARDA OPGW FO15

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	PESO CONDUCTOR (daN/m)	SOBRECARGA HIELO		SOBRECARGA VIENTO			RESULTANTE (daN/m)
			ESPESOR MANGUITO (mm)	PESO HIELO (daN/m)	PRESIÓN DE VIENTO (daN/m) <sup>2</sup>	DIÁMETRO ÚTIL (mm)	FUERZA DEL VIENTO (daN/m)	
<b>Viento</b>	-10	0,677	0,000	0,000	81,667	15,000	1,225	1,399
<b>Viento + Hielo</b>	-15	0,677	11,265	0,697	15,000	37,530	0,563	1,485
<b>EDS</b>	15	0,677	0,000	0,000	0,000	15,000	0,000	0,677
<b>CHS</b>	-5	0,677	0,000	0,000	0,000	15,000	0,000	0,677
<b>Flecha máxima viento</b>	15	0,677	0,000	0,000	81,667	15,000	1,225	1,399
<b>Flecha máxima temperatura</b>	50	0,677	0,000	0,000	0,000	15,000	0,000	0,677
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	0,677	11,265	0,697	0,000	37,530	0,000	1,374
<b>Flecha mínima</b>	-15	0,677	0,000	0,000	0,000	15,000	0,000	0,677

### 2.4.5 TRACCIONES

En este apartado se describirá el procedimiento seguido a la hora de calcular las tracciones que sufren los conductores y el cable de guarda. En primer lugar, cabe distinguir entre vanos amarrados en alguno de sus extremos o simplemente suspendidos. Debido a que una serie de vanos suspendidos están sometidos a esfuerzos semejantes, se utilizará el vano regulador para calcular las tensiones de dichos vanos.

El vano regulador se define como:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum_1^n a_n^2}{\sum_1^n \frac{b_n^2}{a_n}}}$$

Donde,

$n$ : Número total de vanos que forman el cantón

$a_n$ : Longitud del vano enésimo en metros

$b_n$ : Longitud real del vano enésimo en metros

De esta forma se obtiene un vano medio característico del cantón, que permite simplificar los cálculos de tracciones y catenarias. Con este dato se puede calcular la tracción en el punto medio del vano, según:

$$T_m = \frac{1}{4} \cdot [2 \cdot T_B - p \cdot d + \sqrt{(p \cdot d - 2 \cdot T_B)^2 - 2 \cdot p^2 \cdot b^2}]$$

Donde,

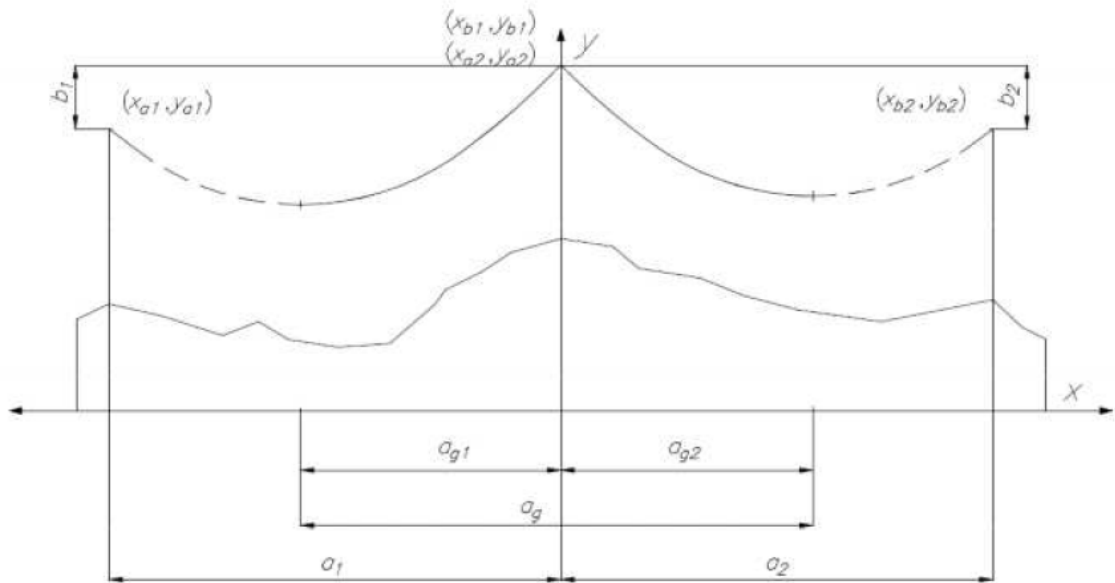
$T_B$ : Tracción máxima en el conductor o cable de guarda (daN)

$p$ : Resultante de cargas del conductor o cable de guarda (daN/m)

$d$ : Desnivel vertical entre los puntos de sujeción (m)

$b$ : Distancia real entre los puntos de sujeción (m)

El criterio de signos utilizado para determinar el desnivel viene explicado en la siguiente figura:



$b_1 > 0$	$d_1 > 0$	si $y_{b1} - y_{a1} > 0$
$b_1 < 0$	$d_1 < 0$	si $y_{b1} - y_{a1} < 0$
$b_2 > 0$	$d_2 > 0$	si $y_{b2} - y_{a2} > 0$
$b_2 < 0$	$d_2 < 0$	si $y_{b2} - y_{a2} < 0$

Con la tracción del punto medio se puede obtener la tracción horizontal de un vano desnivelado, utilizando la siguiente ecuación:

$$T = T_m \cdot \frac{a}{b}$$

Donde,

$T_m$ : Tracción en el punto medio del vano (daN)

$a$ : Longitud del vano considerado (m)

$b$ : Distancia real entre los puntos de sujeción (m)

De las tracciones horizontales calculadas para un cantón, la tracción máxima elegida será la menor. Para el cálculo de las tracciones de cada cantón para cada hipótesis, se ha utilizado una condición inicial y para luego aplicar la ecuación de cambio de condiciones, que se muestra a continuación:

$$\frac{a^2 \cdot P_1^2}{24 \cdot T_1^2} - \alpha \cdot \theta_1 - \frac{T_1}{S \cdot E} = \frac{a^2 \cdot P_2^2}{24 \cdot T_2^2} - \alpha \cdot \theta_2 - \frac{T_2}{S \cdot E}$$

Donde,

$\alpha$ : Longitud del vano considerado (m)

$p_1, p$ : Resultante de cargas en situación 1 y 2 (daN/m)

$T_1, T_2$ : Tracción del conductor en situaciones 1 y 2 (daN)

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$\theta_1, \theta_2$ : Temperatura del conductor en situación 1 y 2 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$S$ : Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

$E$ : Módulo de elasticidad del conductor o cable de guarda (daN/mm<sup>2</sup>)

En esta ecuación, se partirá de una condición inicial para hallar la tensión en el resto de condiciones (o hipótesis). Como en el presente proyecto se han elegido como punto de partida las hipótesis de fenómenos vibratorios, la tracción de la condición inicial se ha elegido será:

$$T_B = \frac{\sigma_{rot} \cdot Coef (EDS/CHS)}{100}$$

Donde,

$\sigma_{rot}$ : Carga de rotura del conductor o cable de guarda (daN)

$Coef (EDS/CHS)$ : Coeficiente de rotura según hipótesis de partida (%)

Según la hipótesis que hayamos elegido como inicial, al conductor se le aplicarán sobrecargas según procedan o no. Se ha supuesto una ecuación del coeficiente de sobrecarga completa:

$$m = \frac{p}{p_p} = \frac{\sqrt{(p_h + p_p)^2 + p_v^2}}{p_p}$$

Donde:

$p$ : Peso total del conductor (daN/m)

$p_p$ : Peso del conductor sin sobrecarga (daN/m)

$p_h$ : Peso del hielo en el conductor (daN/m)

$p_v$ : Peso del viento en el conductor ( $daN/m$ )

Una vez se conoce la tracción para una determinada hipótesis en un determinado cantón, se procede al cálculo de la flecha:

$$f = \frac{p \cdot a \cdot b}{8 \cdot T}$$

Donde,

$p$ : Peso del conductor ( $daN/m$ )

$a$ : Longitud del vano considerado ( $m$ )

$b$ : Distancia real entre los puntos de sujeción ( $m$ )

$T$ : Tracción ( $daN$ )

Y por último se procede al cálculo del parámetro de la catenaria:

$$h = \frac{T}{p}$$

Donde,

$T$ : Tracción en el punto más bajo ( $daN$ )

$p$ : Peso del conductor en la hipótesis más desfavorable ( $daN/m$ )

A continuación se muestra una tabla con información de los apoyos y cantones de la línea:

Nº APOYO	VANO ( $m$ )	EOLOVANO ( $m$ )	DESNIVEL ( $m$ )
1	-	-	-
2	88	88	0
3	607	607,030	-6
4	345	345,006	-2
5	415	415,001	-1
6	319	319,002	1
7	393	393,000	0
8	476	476,001	1

Nº APOYO	VANO (m)	EOLOVANO (m)	DESNIVEL (m)
9	542	542,000	0
10	484	484,001	1
11	414	414,000	0
12	589	589,191	15
13	404	404,124	10
14	546	546,824	30
15	528	528,242	16
16	335	335,292	14
17	791	791,142	-15
18	476	476,340	18
19	480	481,348	-36
20	470	470,307	17
21	504	504,670	26
22	282	282,574	-18
23	373	373,648	-22
24	561	561,072	-9
25	409	409,313	-16
26	542	542,004	-2
27	478	478,004	2
28	561	562,496	41
29	421	421,019	-4
30	398	398,102	-9
31	438	438,073	-8
32	428	428,042	-6
33	417	417,011	3
34	432	432,019	4
35	525	525,001	-1
36	542	545,033	-6



Nº APOYO	VANO (m)	EOLOVANO (m)	DESNIVEL (m)
37	368	368,034	5
38	411	411,206	13
39	330	330,547	19
40	657	659,215	-54
41	380	380,000	0
42	390	390,021	4
43	323	323,000	0
44	330	330,002	-1
45	330	330,000	0
46	486	486,000	0
47	579	579,000	0
48	532	532,000	0
49	575	575,003	2
50	494	494,050	7
51	439	439,010	3
52	529	529,015	4
53	477	477,001	1
54	383	383,575	21
55	438	438,164	12
56	453	453,010	3
57	491	491,004	2
58	506	506,120	11
59	566	566,127	12
60	508	508,166	-13
61	550	550,004	2
62	505	505,001	-1
63	366	366,001	1
64	496	496,065	8

Nº APOYO	VANO (m)	EOLOVANO (m)	DESNIVEL (m)
65	415	415,120	10
66	414	414,043	6
67	565	565,553	25
68	523	523,505	23
69	421	421,011	3
70	328	328,024	4
71	314	314,006	2
72	566	566,008	3
73	553	553,521	-24
74	569	569,465	-23
75	507	507,000	0
76	521	521,004	2
77	443	443,254	15
78	406	406,123	10
79	386	386,047	-6
80	450	450,071	8
81	360	360,235	13
82	349	349,023	-4
83	524	524,137	-12
84	472	472,068	8
85	532	532,001	-1
86	552	552,014	-4
87	457	457,004	2
88	612	612,552	26
89	396	396,126	-10
90	605	605,067	9
91	462	462,731	-26
92	361	361,006	-2

Nº APOYO	VANO (m)	EOLOVANO (m)	DESNIVEL (m)
93	416	416,236	14
94	534	534,899	31
95	400	400,320	16
96	578	578,001	-1
97	575	575,070	9
98	440	440,001	-1
99	404	404,358	17
100	523	523,215	15
101	436	436,139	-11
102	511	511,250	16
103	501	502,292	36
104	557	558,228	37
105	489	491,350	-48
106	856	856,799	-37
107	426	426,517	21
108	252	252,071	-6
109	421	421,523	21
110	647	650,460	67
111	387	387,105	-9
112	474	474,001	-1
113	577	577,170	14
114	576	576,680	-28
115	498	498,443	-21
116	325	325,555	-19
117	515	515,009	-3
118	584	584,003	2
119	596	596,272	18
120	460	460,027	-5

Nº APOYO	VANO (m)	EOLOVANO (m)	DESNIVEL (m)
<b>121</b>	509	510,069	33
<b>122</b>	577	577,125	-12
<b>123</b>	512	512,141	12
<b>124</b>	490	492,647	51
<b>125</b>	723	725,916	-65
<b>126</b>	585	585,021	-5
<b>127</b>	463	464,175	33
<b>128</b>	231	231,487	15
<b>129</b>	220	221,305	-24

Con las ecuaciones mostradas en este apartado y los datos de las tablas de resultantes, se han realizado los cálculos de las tensiones de cada cantón, que se muestran a continuación en forma de tabla.

Se incluye la comprobación que sirve para ratificar que la tensión no supera el límite dinámico (21% en EDS y 23% en CHS) de la carga de rotura en el caso del conductor *LA-380* como también en el *OPGW FO 15* (16% en EDS y 19% en CHS). Las celdas en concreto llevan una codificación de color “verde”.

En las tablas aparece resaltada la hipótesis que presenta una mayor flecha, ya que es la que se usará para la comprobación de distancias al terreno tras el tendido. Las celdas en concreto llevan una codificación de color “amarillo”.

# TABLAS DE TRACCIONES POR ALINEACIÓN

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 1

VANO: 88 metros

APOYO INICIAL: 1

APOYO FINAL: 2

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	1846,985	17,233	826,440	1,118
Viento + Hielo	-15	2,235	3184,421	29,711	1424,881	0,679
EDS	15	1,250	1683,029	15,703	753,078	0,719
CHS	-5	1,250	2465,140	23,000	1103,036	0,491
Flecha máxima viento	15	2,133	2098,015	19,575	938,764	0,984
Flecha máxima temperatura	85	1,250	661,275	6,170	295,890	1,830
Flecha máxima hielo	0	2,157	2584,125	24,110	1156,276	0,808
Flecha mínima	-15	1,250	2918,422	27,229	1305,858	0,415

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 2

VANO: 607 metros

APOYO INICIAL: 2

APOYO FINAL: 3

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3745,062	34,942	1675,742	26,236
Viento + Hielo	-15	2,235	3933,938	36,704	1760,254	26,167
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	25,579
CHS	-5	1,250	2299,588	21,455	1028,959	25,037
Flecha máxima viento	15	2,133	3593,740	33,530	1608,032	27,341
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1973,331	18,411	882,974	29,176
Flecha máxima hielo	0	2,157	3718,942	34,698	1664,054	26,717
Flecha mínima	-15	1,250	2345,737	21,886	1049,608	24,544

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 3

VANO REGULADOR: 366,579 metros

APOYO INICIAL: 3

APOYO FINAL: 6

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3724,207	34,747	1666,410	9,621
Viento + Hielo	-15	2,235	3924,986	36,621	1756,249	9,564
EDS	15	1,250	2228,680	20,941	997,231	9,420
CHS	-5	1,250	2465,140	23,000	1103,036	8,517
Flecha máxima viento	15	2,133	3402,129	31,742	1522,295	10,532
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1727,486	16,118	772,970	12,153
Flecha máxima hielo	0	2,157	3617,439	33,751	1618,636	10,016
Flecha mínima	-15	1,250	2582,390	24,094	1155,500	8,130



CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 4

VANO: 393 metros

APOYO INICIAL: 6

APOYO FINAL: 7

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	2,133	3760,843	35,089	1682,803	10,951
<b>Viento + Hielo</b>	-15	2,235	3961,105	36,957	1772,410	10,893
<b>EDS</b>	15	1,250	2248,666	20,980	1006,174	10,732
<b>CHS</b>	-5	1,250	2465,140	23,000	1103,036	9,789
<b>Flecha máxima viento</b>	15	2,133	3461,957	32,300	1549,065	11,896
<b>Flecha máxima temperatura</b>	85	1,250	1780,680	16,614	796,772	13,552
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	2,157	3665,532	34,200	1640,156	11,361
<b>Flecha mínima</b>	-15	1,250	2567,029	23,951	1148,627	9,401

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 5

VANO REGULADOR: 512,199 metros

APOYO INICIAL: 7

APOYO FINAL: 9

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3749,291	34,981	1677,634	18,658
Viento + Hielo	-15	2,235	3941,860	36,778	1763,799	18,592
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	18,212
CHS	-5	1,250	2343,932	22,097	1048,801	17,488
Flecha máxima viento	15	2,133	3549,297	33,115	1588,146	19,709
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1908,038	17,802	853,759	21,483
Flecha máxima hielo	0	2,157	3700,588	34,527	1655,841	19,116
Flecha mínima	-15	1,250	2410,402	22,489	1078,543	17,006

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 6

VANO REGULADOR: 547,601 metros

APOYO INICIAL: 9

APOYO FINAL: 19

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3693,089	34,457	1652,486	21,651
Viento + Hielo	-15	2,235	3881,442	36,214	1736,765	21,582
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	20,816
CHS	-5	1,250	2285,599	21,915	1022,699	20,499
Flecha máxima viento	15	2,133	3519,778	32,840	1574,937	22,717
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1911,104	17,831	855,130	24,516
Flecha máxima hielo	0	2,157	3656,237	34,113	1635,997	22,115
Flecha mínima	-15	1,250	2340,622	21,838	1047,320	20,017

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 7

VANO REGULADOR: 475,543 metros

APOYO INICIAL: 19

APOYO FINAL: 27

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3720,113	34,709	1664,578	16,209
Viento + Hielo	-15	2,235	3913,035	36,509	1750,901	16,145
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	15,698
CHS	-5	1,250	2344,455	22,252	1049,035	15,071
Flecha máxima viento	15	2,133	3499,539	32,651	1565,881	17,231
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1862,070	17,373	833,190	18,975
Flecha máxima hielo	0	2,157	3661,454	34,162	1638,331	16,654
Flecha mínima	-15	1,250	2420,532	22,584	1083,076	14,597

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 8

VANO REGULADOR: 466,246 metros

APOYO INICIAL: 27

APOYO FINAL: 37

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3682,858	34,361	1647,908	15,739
Viento + Hielo	-15	2,235	3874,458	36,149	1733,640	15,674
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	15,090
CHS	-5	1,250	2321,914	22,208	1038,949	14,628
Flecha máxima viento	15	2,133	3460,955	32,291	1548,617	16,748
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1837,615	17,145	822,247	18,483
Flecha máxima hielo	0	2,157	3623,187	33,805	1621,208	16,178
Flecha mínima	-15	1,250	2398,700	22,380	1073,307	14,160

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 9

VANO REGULADOR: 481,083 metros

APOYO INICIAL: 37

APOYO FINAL: 42

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3660,918	34,157	1638,091	16,857
Viento + Hielo	-15	2,235	3850,664	35,927	1722,993	16,791
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	16,066
CHS	-5	1,250	2296,218	22,155	1027,451	15,748
Flecha máxima viento	15	2,133	3452,205	32,209	1544,702	17,876
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1842,533	17,191	824,448	19,626
Flecha máxima hielo	0	2,157	3607,203	33,656	1614,056	17,300
Flecha mínima	-15	1,250	2366,842	22,083	1059,052	15,278

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 10

VANO REGULADOR: 326,556 metros

APOYO INICIAL: 42

APOYO FINAL: 44

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3660,346	34,151	1637,835	7,768
Viento + Hielo	-15	2,235	3862,188	36,035	1728,150	7,713
EDS	15	1,250	2192,764	20,555	981,160	7,598
CHS	-5	1,250	2465,140	23,000	1103,036	6,759
Flecha máxima viento	15	2,133	3298,408	30,774	1475,885	8,621
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1636,132	15,265	732,093	10,184
Flecha máxima hielo	0	2,157	3533,790	32,971	1581,207	8,137
Flecha mínima	-15	1,250	2610,796	24,359	1168,210	6,382

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 11

VANO: 330 metros

APOYO INICIAL: 44

APOYO FINAL: 45

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3670,123	34,243	1642,210	7,912
Viento + Hielo	-15	2,235	3872,027	36,126	1732,552	7,857
EDS	15	1,250	2198,869	20,516	983,892	7,738
CHS	-5	1,250	2465,140	23,000	1103,036	6,902
Flecha máxima viento	15	2,133	3311,141	30,893	1481,582	8,770
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1645,916	15,357	736,471	10,338
Flecha máxima hielo	0	2,157	3545,091	33,076	1586,264	8,283
Flecha mínima	-15	1,250	2611,961	24,370	1168,731	6,514



CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 12

VANO: 486 metros

APOYO INICIAL: 45

APOYO FINAL: 46

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3753,852	35,024	1679,675	16,778
Viento + Hielo	-15	2,235	3947,884	36,834	1766,495	16,714
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	16,396
CHS	-5	1,250	2363,061	22,048	1057,360	15,617
Flecha máxima viento	15	2,133	3536,145	32,993	1582,261	17,811
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1886,759	17,604	844,237	19,560
Flecha máxima hielo	0	2,157	3696,893	34,492	1654,188	17,227
Flecha mínima	-15	1,250	2437,688	22,744	1090,752	15,139

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 13

VANO REGULADOR: 548,269 metros

APOYO INICIAL: 46

APOYO FINAL: 50

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	2,133	3743,390	34,926	1674,993	21,412
<b>Viento + Hielo</b>	-15	2,235	3934,148	36,706	1760,349	21,345
<b>EDS</b>	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	20,867
<b>CHS</b>	-5	1,250	2321,472	21,923	1038,751	20,231
<b>Flecha máxima viento</b>	15	2,133	3564,690	33,259	1595,033	22,486
<b>Flecha máxima temperatura</b>	85	1,250	1933,993	18,044	865,372	24,285
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	2,157	3704,559	34,564	1657,618	21,879
<b>Flecha mínima</b>	-15	1,250	2378,681	22,193	1064,349	19,745

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 14

VANO REGULADOR: 485,897 metros

APOYO INICIAL: 50

APOYO FINAL: 53

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3744,240	34,934	1675,373	16,814
Viento + Hielo	-15	2,235	3937,792	36,740	1761,979	16,749
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	16,389
CHS	-5	1,250	2355,817	22,220	1054,119	15,659
Flecha máxima viento	15	2,133	3527,759	32,914	1578,509	17,846
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1882,273	17,562	842,230	19,598
Flecha máxima hielo	0	2,157	3687,757	34,407	1650,100	17,263
Flecha mínima	-15	1,250	2429,882	22,671	1087,259	15,181

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 15

VANO REGULADOR: 497,287 metros

APOYO INICIAL: 53

APOYO FINAL: 62

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3732,108	34,821	1669,945	17,668
Viento + Hielo	-15	2,235	3924,511	36,616	1756,037	17,603
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	17,167
CHS	-5	1,250	2339,726	22,100	1046,919	16,514
Flecha máxima viento	15	2,133	3524,831	32,887	1577,198	18,707
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1887,592	17,611	844,610	20,470
Flecha máxima hielo	0	2,157	3679,814	34,333	1646,546	18,121
Flecha mínima	-15	1,250	2409,537	22,481	1078,156	16,036

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 16

VANO REGULADOR: 459,914 metros

APOYO INICIAL: 62

APOYO FINAL: 70

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3710,568	34,620	1660,307	15,200
Viento + Hielo	-15	2,235	3903,899	36,424	1746,814	15,136
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	14,683
CHS	-5	1,250	2347,687	22,319	1050,481	14,077
Flecha máxima viento	15	2,133	3479,982	32,469	1557,130	16,207
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1842,537	17,191	824,450	17,937
Flecha máxima hielo	0	2,157	3647,098	34,028	1631,907	15,638
Flecha mínima	-15	1,250	2428,630	22,659	1086,699	13,608

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 17

VANO REGULADOR: 515,699 metros

APOYO INICIAL: 70

APOYO FINAL: 77

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3721,205	34,719	1665,066	19,057
Viento + Hielo	-15	2,235	3912,214	36,501	1750,534	18,990
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	18,461
CHS	-5	1,250	2321,278	22,064	1038,664	17,901
Flecha máxima viento	15	2,133	3526,855	32,906	1578,104	20,107
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1898,841	17,716	849,643	21,883
Flecha máxima hielo	0	2,157	3674,846	34,287	1644,323	19,514
Flecha mínima	-15	1,250	2385,282	22,255	1067,303	17,420

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 18

VANO REGULADOR: 396,294 metros

APOYO INICIAL: 77

APOYO FINAL: 79

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	2,133	3727,827	34,781	1668,030	11,234
<b>Viento + Hielo</b>	-15	2,235	3926,278	36,633	1756,827	11,174
<b>EDS</b>	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	10,902
<b>CHS</b>	-5	1,250	2418,344	22,753	1082,097	10,147
<b>Flecha máxima viento</b>	15	2,133	3437,845	32,075	1538,276	12,181
<b>Flecha máxima temperatura</b>	85	1,250	1772,581	16,538	793,148	13,843
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	2,157	3636,407	33,928	1627,123	11,645
<b>Flecha mínima</b>	-15	1,250	2530,867	23,613	1132,446	9,695

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 19

VANO REGULADOR: 412,276 metros

APOYO INICIAL: 79

APOYO FINAL: 81

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3728,247	34,785	1668,217	12,157
Viento + Hielo	-15	2,235	3925,485	36,625	1756,472	12,096
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	11,799
CHS	-5	1,250	2402,022	22,615	1074,793	11,056
Flecha máxima viento	15	2,133	3454,206	32,228	1545,597	13,121
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1794,294	16,741	802,863	14,801
Flecha máxima hielo	0	2,157	3644,409	34,003	1630,704	12,576
Flecha mínima	-15	1,250	2505,584	23,377	1121,133	10,599



CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 20

VANO: 349 metros

APOYO INICIAL: 81

APOYO FINAL: 82

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3698,421	34,507	1654,872	8,783
Viento + Hielo	-15	2,235	3899,660	36,384	1744,917	8,727
EDS	15	1,250	2214,482	20,661	990,878	8,595
CHS	-5	1,250	2465,140	23,000	1103,036	7,721
Flecha máxima viento	15	2,133	3359,426	31,344	1503,187	9,669
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1689,411	15,762	755,933	11,266
Flecha máxima hielo	0	2,157	3583,279	33,432	1603,351	9,167
Flecha mínima	-15	1,250	2594,962	24,211	1161,125	7,335

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 21

VANO REGULADOR: 532,233 metros

APOYO INICIAL: 82

APOYO FINAL: 88

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3714,229	34,654	1661,945	20,336
Viento + Hielo	-15	2,235	3904,210	36,427	1746,953	20,269
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	19,664
CHS	-5	1,250	2307,757	21,999	1032,614	19,179
Flecha máxima viento	15	2,133	3530,320	32,938	1579,654	21,396
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1909,097	17,812	854,232	23,184
Flecha máxima hielo	0	2,157	3672,668	34,266	1643,349	20,797
Flecha mínima	-15	1,250	2367,220	22,086	1059,221	18,697

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 22

VANO REGULADOR: 510,568 metros

APOYO INICIAL: 88

APOYO FINAL: 91

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3722,267	34,729	1665,542	18,689
Viento + Hielo	-15	2,235	3913,557	36,514	1751,135	18,622
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	18,110
CHS	-5	1,250	2324,904	22,045	1040,287	17,533
Flecha máxima viento	15	2,133	3524,642	32,885	1577,114	19,737
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1894,977	17,680	847,914	21,510
Flecha máxima hielo	0	2,157	3674,387	34,282	1644,117	19,145
Flecha mínima	-15	1,250	2390,364	22,302	1069,577	17,052

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 23

VANO REGULADOR: 492,977 metros

APOYO INICIAL: 91

APOYO FINAL: 98

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	2,133	3712,481	34,638	1661,163	17,455
<b>Viento + Hielo</b>	-15	2,235	3904,122	36,426	1746,913	17,390
<b>EDS</b>	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	16,870
<b>CHS</b>	-5	1,250	2327,545	22,157	1041,468	16,314
<b>Flecha máxima viento</b>	15	2,133	3504,989	32,702	1568,320	18,489
<b>Flecha máxima temperatura</b>	85	1,250	1875,405	17,498	839,157	20,247
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	2,157	3659,881	34,147	1637,627	17,905
<b>Flecha mínima</b>	-15	1,250	2397,495	22,369	1072,768	15,838

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 24

VANO REGULADOR: 572,352 metros

APOYO INICIAL: 98

APOYO FINAL: 107

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3654,559	34,097	1635,245	23,902
Viento + Hielo	-15	2,235	3840,078	35,828	1718,257	23,831
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	22,740
CHS	-5	1,250	2248,475	21,808	1006,088	22,764
Flecha máxima viento	15	2,133	3497,418	32,631	1564,932	24,976
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1910,567	17,826	854,890	26,790
Flecha máxima hielo	0	2,157	3624,798	33,820	1621,929	24,368
Flecha mínima	-15	1,250	2296,994	21,431	1027,798	22,283

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 25

VANO: 252 metros

APOYO INICIAL: 107

APOYO FINAL: 108

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3497,183	32,629	1564,827	4,845
Viento + Hielo	-15	2,235	3702,027	34,540	1656,485	4,795
EDS	15	1,250	2093,706	19,534	936,836	4,742
CHS	-5	1,250	2465,140	23,000	1103,036	4,027
Flecha máxima viento	15	2,133	3043,796	28,399	1361,957	5,566
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1420,369	13,252	635,549	6,990
Flecha máxima hielo	0	2,157	3324,704	31,020	1487,651	5,153
Flecha mínima	-15	1,250	2673,573	24,945	1196,300	3,713

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 26

VANO REGULADOR: 529,823 metros

APOYO INICIAL: 108

APOYO FINAL: 123

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3650,484	34,059	1633,422	20,505
Viento + Hielo	-15	2,235	3837,427	35,804	1717,070	20,435
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	19,486
CHS	-5	1,250	2262,719	21,954	1012,462	19,384
Flecha máxima viento	15	2,133	3472,799	32,402	1553,916	21,554
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1879,235	17,533	840,871	23,339
Flecha máxima hielo	0	2,157	3611,151	33,692	1615,822	20,960
Flecha mínima	-15	1,250	2319,630	21,642	1037,927	18,908

CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 27

VANO REGULADOR: 591,216 metros

APOYO INICIAL: 123

APOYO FINAL: 127

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3647,524	34,032	1632,098	25,552
Viento + Hielo	-15	2,235	3832,075	35,754	1714,676	25,481
EDS	15	1,250	2250,780	21,000	1007,120	24,264
CHS	-5	1,250	2236,946	21,762	1000,929	24,414
Flecha máxima viento	15	2,133	3499,404	32,650	1565,821	26,634
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1919,058	17,905	858,689	28,458
Flecha máxima hielo	0	2,157	3621,857	33,792	1620,613	26,022
Flecha mínima	-15	1,250	2281,954	21,291	1021,069	23,933



CONDUCTOR LA-380 GULL

ALINEACIÓN: 28

VANO REGULADOR: 224,81 metros

APOYO INICIAL: 127

APOYO FINAL: 129

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	2,133	3405,862	31,777	1523,965	3,957
Viento + Hielo	-15	2,235	3611,591	33,697	1616,019	3,909
EDS	15	1,250	2034,759	19,281	910,460	3,881
CHS	-5	1,250	2465,140	23,000	1103,036	3,203
Flecha máxima viento	15	2,133	2913,930	27,187	1303,848	4,625
Flecha máxima temperatura	85	1,250	1318,476	12,302	589,957	5,989
Flecha máxima hielo	0	2,157	3213,647	29,984	1437,958	4,240
Flecha mínima	-15	1,250	2687,652	25,076	1202,599	2,938

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 1

VANO: 88 metros

APOYO INICIAL: 1

APOYO FINAL: 2

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	1,399	2083,125	19,560	1403,094	0,650
<b>Viento + Hielo</b>	-15	1,485	2187,850	20,543	1473,632	0,657
<b>EDS</b>	15	0,677	1469,218	13,795	989,596	0,446
<b>CHS</b>	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	0,324
<b>Flecha máxima viento</b>	15	1,399	1690,090	15,869	1138,365	0,802
<b>Flecha máxima temperatura</b>	50	0,677	919,592	8,635	619,393	0,712
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	1,374	1912,379	17,957	1288,088	0,695
<b>Flecha mínima</b>	-15	0,677	2025,140	19,015	1364,038	0,323

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 2

VANO: 607 metros

APOYO INICIAL: 2

APOYO FINAL: 3

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1911,259	17,946	1287,333	33,727
Viento + Hielo	-15	1,485	2026,374	19,027	1364,870	33,747
EDS	15	0,677	942,777	8,852	635,010	33,059
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	15,403
Flecha máxima viento	15	1,399	1874,893	17,605	1262,839	34,381
Flecha máxima temperatura	50	0,677	916,058	8,601	617,013	34,023
Flecha máxima hielo	0	1,374	1864,191	17,504	1255,631	33,944
Flecha mínima	-15	0,677	967,557	9,085	651,701	32,212

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 3

VANO REGULADOR: 366,579 metros

APOYO INICIAL: 3

APOYO FINAL: 6

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	2471,549	23,207	1664,719	9,511
Viento + Hielo	-15	1,485	2056,842	19,313	1385,391	12,125
EDS	15	0,677	993,280	9,423	669,026	11,443
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	5,617
Flecha máxima viento	15	1,399	1853,104	17,400	1248,163	12,685
Flecha máxima temperatura	50	0,677	919,259	8,632	619,169	12,365
Flecha máxima hielo	0	1,374	1876,504	17,620	1263,924	12,298
Flecha mínima	-15	0,677	1070,961	10,056	721,348	10,613

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 4

VANO: 393 metros

APOYO INICIAL: 6

APOYO FINAL: 7

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	2590,596	24,325	1744,903	10,429
Viento + Hielo	-15	1,485	2051,489	19,263	1381,786	13,972
EDS	15	0,677	983,150	9,231	662,203	13,288
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	6,456
Flecha máxima viento	15	1,399	1857,414	17,441	1251,066	14,546
Flecha máxima temperatura	50	0,677	918,796	8,627	618,858	14,218
Flecha máxima hielo	0	1,374	1874,501	17,601	1262,575	14,149
Flecha mínima	-15	0,677	1049,126	9,851	706,642	12,452

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 5

VANO REGULADOR: 512,199 metros

APOYO INICIAL: 7

APOYO FINAL: 9

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	1,399	1921,062	18,038	1293,936	23,889
<b>Viento + Hielo</b>	-15	1,485	2036,241	19,120	1371,516	23,910
<b>EDS</b>	15	0,677	955,626	9,138	643,664	23,220
<b>CHS</b>	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	10,966
<b>Flecha máxima viento</b>	15	1,399	1871,242	17,570	1260,380	24,526
<b>Flecha máxima temperatura</b>	50	0,677	917,854	8,618	618,223	24,176
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	1,374	1869,283	17,552	1259,061	24,101
<b>Flecha mínima</b>	-15	0,677	991,752	9,312	667,997	22,375

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 6

VANO REGULADOR: 547,601 metros

APOYO INICIAL: 9

APOYO FINAL: 19

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1899,482	17,836	1279,401	27,616
Viento + Hielo	-15	1,485	2013,709	18,908	1356,339	27,636
EDS	15	0,677	940,660	9,239	633,584	26,964
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	12,534
Flecha máxima viento	15	1,399	1856,441	17,431	1250,411	28,257
Flecha máxima temperatura	50	0,677	908,554	8,531	611,959	27,916
Flecha máxima hielo	0	1,374	1850,357	17,374	1246,313	27,830
Flecha mínima	-15	0,677	970,916	9,117	653,963	26,123

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 7

VANO REGULADOR: 475,543 metros

APOYO INICIAL: 19

APOYO FINAL: 27

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1914,534	17,977	1289,539	20,663
Viento + Hielo	-15	1,485	2029,112	19,053	1366,714	20,683
EDS	15	0,677	956,241	9,216	644,079	20,003
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	9,453
Flecha máxima viento	15	1,399	1858,335	17,449	1251,687	21,288
Flecha máxima temperatura	50	0,677	913,018	8,573	614,966	20,950
Flecha máxima hielo	0	1,374	1860,693	17,471	1253,275	20,871
Flecha mínima	-15	0,677	998,227	9,373	672,358	19,162



CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 8

VANO REGULADOR: 466,246

APOYO INICIAL: 27

APOYO FINAL: 37

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	1,399	1902,440	17,863	1281,393	19,989
<b>Viento + Hielo</b>	-15	1,485	2016,346	18,933	1358,115	20,008
<b>EDS</b>	15	0,677	950,569	9,258	640,258	19,343
<b>CHS</b>	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	9,087
<b>Flecha máxima viento</b>	15	1,399	1845,304	17,327	1242,909	20,608
<b>Flecha máxima temperatura</b>	50	0,677	906,555	8,512	610,612	20,282
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	1,374	1848,465	17,356	1245,038	20,195
<b>Flecha mínima</b>	-15	0,677	993,454	9,328	669,143	18,508

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 9

VANO REGULADOR: 481,083 metros

APOYO INICIAL: 37

APOYO FINAL: 42

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1895,445	17,798	1276,682	21,360
Viento + Hielo	-15	1,485	2008,852	18,862	1353,068	21,381
EDS	15	0,677	944,819	9,319	636,385	20,719
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	9,674
Flecha máxima viento	15	1,399	1841,511	17,291	1240,355	21,985
Flecha máxima temperatura	50	0,677	903,774	8,486	608,739	21,660
Flecha máxima hielo	0	1,374	1842,548	17,301	1241,053	21,570
Flecha mínima	-15	0,677	984,501	9,244	663,113	19,884

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 10

VANO REGULADOR: 326,556 metros

APOYO INICIAL: 42

APOYO FINAL: 44

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1950,712	18,317	1313,908	9,563
Viento + Hielo	-15	1,485	2065,125	19,391	1390,970	9,583
EDS	15	0,677	1012,342	9,567	681,866	8,910
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	4,458
Flecha máxima viento	15	1,399	1843,604	17,311	1241,764	10,119
Flecha máxima temperatura	50	0,677	919,291	8,632	619,191	9,812
Flecha máxima hielo	0	1,374	1878,662	17,640	1265,378	9,748
Flecha mínima	-15	0,677	1114,266	10,463	750,516	8,095

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 11

VANO: 330 metros

APOYO INICIAL: 44

APOYO FINAL: 45

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1951,661	18,325	1314,546	9,761
Viento + Hielo	-15	1,485	2066,180	19,401	1391,681	9,781
EDS	15	0,677	1011,592	9,499	681,360	9,105
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	4,552
Flecha máxima viento	15	1,399	1846,086	17,334	1243,436	10,319
Flecha máxima temperatura	50	0,677	920,204	8,640	619,806	10,010
Flecha máxima hielo	0	1,374	1880,141	17,654	1266,374	9,946
Flecha mínima	-15	0,677	1111,312	10,435	748,527	8,288

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 12

VANO: 486 metros

APOYO INICIAL: 45

APOYO FINAL: 46

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1925,194	18,077	1296,719	21,462
Viento + Hielo	-15	1,485	2040,397	19,159	1374,315	21,483
EDS	15	0,677	960,853	9,022	647,185	20,792
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	9,873
Flecha máxima viento	15	1,399	1870,324	17,562	1259,761	22,092
Flecha máxima temperatura	50	0,677	918,768	8,627	618,839	21,744
Flecha máxima hielo	0	1,374	1871,622	17,574	1260,636	21,671
Flecha mínima	-15	0,677	1001,577	9,404	674,615	19,947

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 13

VANO REGULADOR: 548,269 metros

APOYO INICIAL: 46

APOYO FINAL: 50

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1915,554	17,986	1290,226	27,451
Viento + Hielo	-15	1,485	2030,648	19,067	1367,748	27,472
EDS	15	0,677	949,272	9,103	639,384	26,784
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	12,565
Flecha máxima viento	15	1,399	1871,670	17,574	1260,669	28,095
Flecha máxima temperatura	50	0,677	916,462	8,605	617,286	27,743
Flecha máxima hielo	0	1,374	1865,889	17,520	1256,774	27,665
Flecha mínima	-15	0,677	980,227	9,204	660,234	25,938

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 14

VANO REGULADOR: 485,897 metros

APOYO INICIAL: 50

APOYO FINAL: 53

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1923,152	18,058	1295,344	21,476
Viento + Hielo	-15	1,485	2038,259	19,139	1372,875	21,497
EDS	15	0,677	959,727	9,181	646,427	20,808
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	9,869
Flecha máxima viento	15	1,399	1868,413	17,544	1258,475	22,105
Flecha máxima temperatura	50	0,677	1134,790	10,655	764,341	17,598
Flecha máxima hielo	0	1,374	2273,877	21,351	1531,576	17,830
Flecha mínima	-15	0,677	1291,073	12,123	869,606	15,467

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 15

VANO REGULADOR: 497,287 metros

APOYO INICIAL: 53

APOYO FINAL: 62

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1922,203	18,049	1294,705	22,505
Viento + Hielo	-15	1,485	2037,329	19,130	1372,248	22,526
EDS	15	0,677	957,896	9,157	645,194	21,836
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	10,337
Flecha máxima viento	15	1,399	1869,648	17,555	1259,307	23,138
Flecha máxima temperatura	50	0,677	917,799	8,618	618,186	22,790
Flecha máxima hielo	0	1,374	1869,471	17,554	1259,187	22,716
Flecha mínima	-15	0,677	996,491	9,357	671,189	20,990



CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 16

VANO REGULADOR: 459,914 metros

APOYO INICIAL: 62

APOYO FINAL: 70

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1916,285	17,993	1290,719	19,309
Viento + Hielo	-15	1,485	2030,844	19,069	1367,880	19,329
EDS	15	0,677	959,258	9,274	646,111	18,651
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	8,842
Flecha máxima viento	15	1,399	1856,706	17,434	1250,589	19,929
Flecha máxima temperatura	50	0,677	913,073	8,573	615,003	19,594
Flecha máxima hielo	0	1,374	1861,259	17,477	1253,656	19,516
Flecha mínima	-15	0,677	1004,483	9,432	676,572	17,811

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 17

VANO REGULADOR: 515,699 metros

APOYO INICIAL: 70

APOYO FINAL: 77

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1910,153	17,936	1286,588	24,355
Viento + Hielo	-15	1,485	2024,784	19,012	1363,798	24,375
EDS	15	0,677	949,288	9,177	639,396	23,696
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	11,117
Flecha máxima viento	15	1,399	1861,625	17,480	1253,903	24,990
Flecha máxima temperatura	50	0,677	912,626	8,569	614,702	24,648
Flecha máxima hielo	0	1,374	1858,995	17,455	1252,131	24,567
Flecha mínima	-15	0,677	984,268	9,242	662,957	22,854

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 18

VANO REGULADOR: 396,293 metros

APOYO INICIAL: 77

APOYO FINAL: 79

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	1,399	1924,545	18,071	1296,282	14,275
<b>Viento + Hielo</b>	-15	1,485	2038,874	19,144	1373,289	14,295
<b>EDS</b>	15	0,677	975,220	9,282	656,862	13,621
<b>CHS</b>	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	6,565
<b>Flecha máxima viento</b>	15	1,399	1847,508	17,347	1244,394	14,870
<b>Flecha máxima temperatura</b>	50	0,677	913,002	8,573	614,955	14,549
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	1,374	1863,363	17,496	1255,073	14,473
<b>Flecha mínima</b>	-15	0,677	1038,741	9,753	699,647	12,788

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 19

VANO REGULADOR: 412,276 metros

APOYO INICIAL: 79

APOYO FINAL: 81

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1928,418	18,107	1298,891	15,419
Viento + Hielo	-15	1,485	2043,118	19,184	1376,148	15,439
EDS	15	0,677	974,202	9,286	656,177	14,757
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	7,105
Flecha máxima viento	15	1,399	1855,829	17,426	1249,998	16,022
Flecha máxima temperatura	50	0,677	916,159	8,602	617,081	15,692
Flecha máxima hielo	0	1,374	1868,721	17,547	1258,682	15,619
Flecha mínima	-15	0,677	1032,800	9,698	695,645	13,920

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 20

VANO: 349 metros

APOYO INICIAL: 81

APOYO FINAL: 82

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1945,551	18,268	1310,431	10,953
Viento + Hielo	-15	1,485	2060,168	19,344	1387,632	10,973
EDS	15	0,677	1000,853	9,398	674,127	10,295
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	5,092
Flecha máxima viento	15	1,399	1849,175	17,363	1245,516	11,524
Flecha máxima temperatura	50	0,677	919,255	8,632	619,167	11,209
Flecha máxima hielo	0	1,374	1877,339	17,628	1264,487	11,143
Flecha mínima	-15	0,677	1088,005	10,216	732,829	9,470

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 21

VANO REGULADOR: 532,233 metros

APOYO INICIAL: 82

APOYO FINAL: 88

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1907,636	17,912	1284,893	25,976
Viento + Hielo	-15	1,485	2022,209	18,988	1362,064	25,997
EDS	15	0,677	946,345	9,189	637,413	25,318
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	11,841
Flecha máxima viento	15	1,399	1861,887	17,483	1254,079	26,615
Flecha máxima temperatura	50	0,677	912,009	8,563	614,286	26,271
Flecha máxima hielo	0	1,374	1857,451	17,441	1251,091	26,189
Flecha mínima	-15	0,677	978,894	9,191	659,337	24,476

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 22

VANO REGULADOR: 510,768 metros

APOYO INICIAL: 88

APOYO FINAL: 91

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1908,917	17,924	1285,756	23,907
Viento + Hielo	-15	1,485	2023,435	18,999	1362,890	23,927
EDS	15	0,677	949,133	9,130	639,291	23,249
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	10,905
Flecha máxima viento	15	1,399	1859,613	17,461	1252,547	24,541
Flecha máxima temperatura	50	0,677	911,817	8,562	614,157	24,200
Flecha máxima hielo	0	1,374	1857,514	17,441	1251,133	24,118
Flecha mínima	-15	0,677	984,806	9,247	663,318	22,407

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 23

VANO REGULADOR: 492,977 metros

APOYO INICIAL: 91

APOYO FINAL: 98

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1909,592	17,930	1286,211	22,263
Viento + Hielo	-15	1,485	2024,046	19,005	1363,302	22,283
EDS	15	0,677	951,368	9,208	640,797	21,607
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	10,159
Flecha máxima viento	15	1,399	1857,153	17,438	1250,891	22,892
Flecha máxima temperatura	50	0,677	911,390	8,558	613,869	22,554
Flecha máxima hielo	0	1,374	1857,106	17,438	1250,859	22,472
Flecha mínima	-15	0,677	989,868	9,295	666,728	20,766



CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 24

VANO REGULADOR: 572,352 metros

APOYO INICIAL: 98

APOYO FINAL: 107

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1893,717	17,781	1275,518	30,261
Viento + Hielo	-15	1,485	2007,732	18,852	1352,313	30,280
EDS	15	0,677	935,767	9,333	630,288	29,610
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	13,693
Flecha máxima viento	15	1,399	1854,200	17,410	1248,902	30,906
Flecha máxima temperatura	50	0,677	906,537	8,512	610,600	30,565
Flecha máxima hielo	0	1,374	1845,894	17,332	1243,307	30,476
Flecha mínima	-15	0,677	963,094	9,043	648,695	28,770

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 25

VANO: 252 metros

APOYO INICIAL: 107

APOYO FINAL: 108

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	1,399	1970,266	18,500	1327,078	5,641
<b>Viento + Hielo</b>	-15	1,485	2083,384	19,562	1403,269	5,660
<b>EDS</b>	15	0,677	1069,585	10,043	720,422	5,025
<b>CHS</b>	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	2,656
<b>Flecha máxima viento</b>	15	1,399	1814,172	17,034	1221,941	6,127
<b>Flecha máxima temperatura</b>	50	0,677	917,163	8,612	617,758	5,860
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	1,374	1880,647	17,659	1266,715	5,802
<b>Flecha mínima</b>	-15	0,677	1254,504	11,779	844,974	4,284

CABLE DE GUARDA OPGW FO 15

ALINEACIÓN: 26

VANO REGULADOR: 529,822 metros

APOYO INICIAL: 108

APOYO FINAL: 123

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1884,003	17,690	1268,975	26,065
Viento + Hielo	-15	1,485	1997,312	18,754	1345,295	26,083
EDS	15	0,677	933,728	9,269	628,915	25,429
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	11,734
Flecha máxima viento	15	1,399	1839,337	17,271	1238,890	26,698
Flecha máxima temperatura	85	0,677	900,322	8,454	606,414	26,372
Flecha máxima hielo	0	1,374	1834,586	17,226	1235,690	26,276
Flecha mínima	-15	0,677	965,356	9,064	650,218	24,595

CABLE DE GUARDA OPGW FO15

ALINEACIÓN: 27

VANO REGULADOR: 591,216 metros

APOYO INICIAL: 123

APOYO FINAL: 127

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
Viento	-10	1,399	1880,594	17,658	1266,679	32,514
Viento + Hielo	-15	1,485	1993,964	18,723	1343,039	32,532
EDS	15	0,677	927,512	9,255	624,728	31,875
CHS	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	14,611
Flecha máxima viento	15	1,399	1844,021	17,315	1242,045	33,159
Flecha máxima temperatura	85	0,677	900,652	8,457	606,636	32,826
Flecha máxima hielo	0	1,374	1833,971	17,220	1235,276	32,729
Flecha mínima	-15	0,677	952,467	8,943	641,537	31,040

CABLE DE GUARDA OPGW FO15

ALINEACIÓN: 28

VANO REGULADOR: 224,81 metros

APOYO INICIAL: 127

APOYO FINAL: 129

HIPÓTESIS	TEMPERATURA (°C)	RESULTANTE (daN/m)	TENSIÓN (daN)	% DE CARGA DE ROTURA	PARÁMETRO h (m)	FLECHA (m)
<b>Viento</b>	-10	1,399	1970,710	18,504	1327,377	4,486
<b>Viento + Hielo</b>	-15	1,485	2082,589	19,555	1402,733	4,504
<b>EDS</b>	15	0,677	1097,421	10,466	739,171	3,895
<b>CHS</b>	-5	0,677	2023,500	19,000	1362,934	2,113
<b>Flecha máxima viento</b>	15	1,399	1790,603	16,813	1206,066	4,937
<b>Flecha máxima temperatura</b>	50	0,677	911,311	8,557	613,816	4,691
<b>Flecha máxima hielo</b>	0	1,374	1872,582	17,583	1261,283	4,635
<b>Flecha mínima</b>	-15	0,677	1331,440	12,502	896,795	3,211

## 2.5 CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS

El cálculo mecánico de las tensiones y momentos que sufren los apoyos se hará de manera individual de la manera que especifica el RLAT en la ITC-LAT 07. En dicha ITC se distinguen las diferentes cargas que soportan para diferentes hipótesis y condiciones, dependiendo de la función del apoyo en cuestión y de la zona en la que se esté. A continuación se procede a explicar dichas cargas.

### 2.5.1 APOYOS DE SUSPENSIÓN EN ALINEACIÓN

HIPÓTESIS	VERTICAL	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL
<b>VIENTO</b>	$P_{cond} + P_{cadenas} + P_{herrajes}$	$n \cdot F_T$	0
<b>HIELO</b>	$P_{cond+hielo} + P_{cadenas} + P_{herrajes}$	$n \cdot F_{T(60)}$	0
<b>DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES</b>	$P_{cond+hielo} + P_{cadenas} + P_{herrajes}$	0	$n \cdot (\%_{deseq.}) \cdot T_{h+v}$
<b>ROTURA DE CONDUCTORES</b>	$P_{cond+hielo} + P_{cadenas} + P_{herrajes}$	0	$n \cdot (\%_{rotura}) \cdot T_{h+v}$

$$P_{cond} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$F_T = q_{140} \cdot d \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \quad F_{T(60)} = q_{60} \cdot d \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

Donde,

$P_{cond}$ : Carga del peso del conductor sometido a viento (daN)

$P_{cond+hielo}$ : Carga del peso del conductor sometido a hielo (daN)

$n$ : Número de subconductores del haz

$p$ : Peso nominal del conductor (daN)

$p_{ap}$ : Peso aparente del conductor (daN)

$a_1, a_2$ : Longitud de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)

$T_v$ : Tensión horizontal en un conductor a  $-10^\circ\text{C}$  (daN)

$T_{h+v}$ : Tensión horizontal en un conductor a  $-15^\circ\text{C}$  (daN)

$d_1, d_2$ : Desniveles de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)

$F_T$ : Fuerza transversal a  $140\text{ km/h}$  (daN)

$F_{T(60)}$ : Fuerza transversal a  $60\text{ km/h}$  (daN)

$q_v$ : Presión de viento reglamentaria sobre los conductores a velocidad  $v$  (km/h)

$\%_{deseq}$ : Coeficiente de desequilibrio para apoyos de alineación

$\%_{rotura}$ : Coeficiente de rotura para apoyos de alineación de la tensión del cable roto

La tensión horizontal  $T_v$  se calculará para un conductor en zona B con temperatura de  $-10^\circ\text{C}$  y con un viento transversal de  $140\text{ km/h}$ . La tensión horizontal  $T_{h+v}$  se calculará para una temperatura de  $-15^\circ\text{C}$  con sobrecarga de hielo y viento de  $60\text{ km/h}$ .

El coeficiente de desequilibrio será del 15%, por ser la línea de tensión superior a 66kV, mientras que el coeficiente de rotura de conductor será del 75%, por ser 3 el número de subconductores del haz.

## 2.5.2 APOYOS DE ANCLAJE EN ALINEACIÓN

HIPÓTESIS	VERTICAL	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL
<b>VIENTO</b>	$P_{cond} + P_{cadenas} + P_{herrajes}$	$n \cdot F_T$	0
<b>HIELO</b>	$P_{cond+hielo} + P_{cadenas} + P_{herrajes}$	$n \cdot F_{T(60)}$	0
<b>DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES</b>	$P_{cond+hielo} + P_{cadenas} + P_{herrajes}$	0	$n \cdot (\%_{deseq}) \cdot T_{(h+v)1}$
<b>ROTURA DE CONDUCTORES</b>	$P_{cond+hielo} + P_{cadenas} + P_{herrajes}$	0	$n \cdot (\%_{rotura}) \cdot T_{(h+v)1}$

$$P_{cond} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{(h+v)1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{(h+v)2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$F_T = q_{140} \cdot d \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \quad F_{T(60)} = q_{60} \cdot d \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

Donde,

$P_{cond}$ : Carga del peso del conductor sometido a viento ( $daN$ )

$P_{cond+hielo}$ : Carga del peso del conductor sometido a hielo ( $daN$ )

$n$ : Número de subconductores del haz

$p$ : Peso nominal del conductor ( $daN$ )

$p_{ap}$ : Peso aparente del conductor ( $daN$ )

$a_1, a_2$ : Longitud de los vanos anterior y posterior, respectivamente ( $m$ )

$T_{v1}, T_{v2}$ : Tensiones horizontales en un conductor, en el vano anterior y posterior respectivamente a  $-10^\circ C$  ( $daN$ )

$T_{(h+v)1}, T_{(h+v)2}$ : Tensiones horizontales en un conductor, en el vano anterior y posterior respectivamente a  $-15^\circ C$  ( $daN$ )

$d_1, d_2$ : Desniveles de los vanos anterior y posterior, respectivamente ( $m$ )

$F_T$ : Fuerza transversal a  $140 \text{ km/h}$  ( $daN$ )

$F_{T(60)}$ : Fuerza transversal a  $60 \text{ km/h}$  ( $daN$ )

$q_v$ : Presión de viento reglamentaria sobre los conductores a velocidad  $v$  ( $km/h$ )

$\%_{deseq}$ : Coeficiente de desequilibrio para apoyos de alineación

$\%_{rotura}$ : Coeficiente de rotura para apoyos de alineación de la tensión del cable roto

Las tensiones horizontales  $T_{v1}$  y  $T_{v2}$  se calcularán para un conductor en zona B con temperatura de  $-10^\circ C$  y con un viento transversal de  $140 \text{ km/h}$ . Las tensiones horizontales  $T_{(h+v)1}$  y  $T_{(h+v)2}$  se calcularán para una temperatura de  $-15^\circ C$  con sobrecarga de hielo y viento de  $60 \text{ km/h}$ .

El coeficiente de desequilibrio será del 50%, al igual que el coeficiente de rotura del conductor, por tener más de dos subconductores en el haz.



### 2.5.3 APOYOS DE ANCLAJE EN ÁNGULO

HIPÓTESIS	VERTICAL	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL
<b>VIENTO</b>	$P_{cond} + P_{cad.} + P_{her.}$	$n \cdot (F_T + R_{\text{ángulo}})$	0
<b>HIELO</b>	$P_{cond+hie} + P_{cad.} + P_{herr.}$	$n \cdot (F_{T(60)} + R_{\text{ángulo } h+v})$	0
<b>DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES</b>	$P_{cond+hie} + P_{cad.} + P_{herr.}$	$n \cdot (2 - \%_{des.}) \cdot T_{(h+v)1} \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2}$	$n \cdot \%_{des.} \cdot T_{(h+v)1} \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2}$
<b>ROTURA DE CONDUCTORES</b>	$P_{cond+hie} + P_{cad.} + P_{herr.}$	$n \cdot \%_{rot.} \cdot T_{(h+v)1} \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2}$	$n \cdot \%_{rot.} \cdot T_{(h+v)1} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$

$$P_{cond} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$P_{cond+hie} = n \cdot p_{ap} \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{(h+v)1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{(h+v)2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$F_T = q_{140} \cdot d \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \quad F_{T(60)} = q_{60} \cdot d \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$R_{\text{ángulo}} = (T_{v1} + T_{v2}) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad R_{\text{ángulo } h+v} = (T_{(h+v)1} + T_{(h+v)2}) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Donde,

$P_{cond}$ : Carga del peso del conductor sometido a viento (daN)

$P_{cond+hie}$ : Carga del peso del conductor sometido a hielo (daN)

$n$ : Número de subconductores del haz

$p$ : Peso nominal del conductor (daN)

$p_{ap}$ : Peso aparente del conductor (daN)

$a_1, a_2$ : Longitud de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)

$T_{v1}, T_{v2}$ : Tensiones horizontales en un conductor, en el vano anterior y posterior respectivamente a -10°C (daN)

$T_{(h+v)1}, T_{(h+v)2}$ : Tensiones horizontales en un conductor, en el vano anterior y posterior respectivamente a -15°C (daN)

$d_1, d_2$ : Desniveles de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)

$F_T$ : Fuerza transversal a 140 km/h (daN)

$F_{T(60)}$ : Fuerza transversal a 60 km/h (daN)

$q_v$ : Presión de viento reglamentaria sobre los conductores a velocidad  $v$  (km/h)

$R_{\text{ángulo}}$ : Carga resultante del ángulo (daN)

$R_{\text{ángulo } h+v}$ : Carga resultante del ángulo (daN)

% $_{\text{deseq}}$ : Coeficiente de desequilibrio para apoyos de alineación

% $_{\text{rotura}}$ : Coeficiente de rotura para apoyos de alineación de la tensión del cable roto

Las tensiones horizontales  $T_{v1}$  y  $T_{v2}$  se calcularán para un conductor en zona B con temperatura de -10°C y con un viento transversal de 140 km/h. Las tensiones horizontales  $T_{(h+v)1}$  y  $T_{(h+v)2}$  se calcularán para una temperatura de -15°C con sobrecarga de hielo y viento de 60 km/h.

El coeficiente de desequilibrio será del 50%, al igual que el coeficiente de rotura del conductor, por tener más de dos subconductores en el haz.

#### 2.5.4 APOYOS DE FIN DE LÍNEA

HIPÓTESIS	VERTICAL	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL
<b>VIENTO</b>	$P_{\text{cond}} + P_{\text{cadenas}} + P_{\text{herraes}}$	$n \cdot F_T$	$n \cdot T_v$
<b>HIELO</b>	$P_{\text{cond+hielo}} + P_{\text{cadenas}} + P_{\text{herraes}}$	$n \cdot F_{T(60)}$	$n \cdot T_{h+v}$
<b>DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES</b>	No se aplica	No se aplica	No se aplica
<b>ROTURA DE CONDUCTORES</b>	$P_{\text{cond+hielo}} + P_{\text{cadenas}} + P_{\text{herraes}}$	0	$n \cdot T_{h+v}$

$$P_{\text{cond}} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \frac{d_1}{a_1} \right]$$

$$P_{\text{cond+hielo}} = n \cdot p_{ap} \cdot \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \cdot \frac{d_1}{a_1} \right]$$

$$F_T = q_{140} \cdot d \cdot \frac{a_1}{2} \qquad F_{T(60)} = q_{60} \cdot d \cdot \frac{a_1}{2}$$

Donde,

$P_{cond}$ : Carga del peso del conductor sometido a viento ( $daN$ )

$P_{cond+hielo}$ : Carga del peso del conductor sometido a hielo ( $daN$ )

$n$ : Número de subconductores del haz

$p$ : Peso nominal del conductor ( $daN$ )

$p_{ap}$ : Peso aparente del conductor ( $daN$ )

$a_1$ : Longitud del vano anterior ó posterior ( $m$ )

$T_v$ : Tensión horizontal en un conductor a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $daN$ )

$T_{h+v}$ : Tensión horizontal en un conductor a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $daN$ )

$d_1$ : Desnivel del vano anterior o posterior ( $m$ )

$F_T$ : Fuerza transversal a  $140\text{ km/h}$  ( $daN$ )

$F_{T(60)}$ : Fuerza transversal a  $60\text{ km/h}$  ( $daN$ )

$q_v$ : Presión de viento reglamentaria sobre los conductores a velocidad  $v$  ( $km/h$ )

La tensión horizontal  $T_v$  se calculará para un conductor en zona B con temperatura de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y con un viento transversal de  $140\text{ km/h}$ . La tensión horizontal  $T_{h+v}$  se calculará para una temperatura de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  con sobrecarga de hielo y viento de  $60\text{ km/h}$ .

# TABLAS DE ESFUERZOS EN PUNTA DE CRUCETA POR APOYO

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
1	V	675,313	805,321	-	805,321	47,229	82,781	-	82,781
	T	228,177	77,131	-	0,000	53,900	44,563	-	0,000
	L	5540,955	9553,263	-	9553,263	2083,125	2187,850	-	2187,850
2	V	1755,080	2833,435	2833,435	2833,435	306,360	598,037	598,037	598,037
	T	11567,534	13381,949	8653,877	2884,626	4042,622	4032,379	1981,876	1321,251
	L	0,000	0,000	3807,248	3807,248	0,000	0,000	871,921	1743,841
3	V	2125,766	3495,794	3495,794	3495,794	378,505	754,718	754,718	754,718
	T	22542,190	23504,860	17572,642	5857,547	4421,161	4085,637	3017,227	2011,484
	L	0,000	0,000	4703,360	4703,360	0,000	0,000	122,599	245,198
4	V	1808,676	2928,920	2928,920	2928,920	318,632	625,253	625,253	625,253
	T	1970,617	666,136	0,000	0,000	465,500	213,921	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,298	2943,830	0,000	0,000	308,526	1542,631
5	V	1849,968	3003,710	3003,710	3003,710	326,271	634,241	634,241	634,241
	T	1903,201	643,347	0,000	0,000	449,575	206,602	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,298	2943,830	0,000	0,000	308,526	1542,631
6	V	1535,154	2438,014	2438,014	2438,014	268,310	532,287	532,287	532,287
	T	22132,163	22964,955	17020,587	5673,529	4994,580	4012,470	2973,053	1982,035
	L	0,000	0,000	1573,409	1573,409	0,000	0,000	274,834	549,667
7	V	2072,662	3401,578	3401,578	3401,578	368,128	724,718	724,718	724,718
	T	22031,950	22659,060	16848,770	5616,257	4438,299	3943,698	2908,706	1939,137
	L	0,000	0,000	1939,316	1939,316	0,000	0,000	334,796	669,592
8	V	2335,462	3871,077	3871,077	3871,077	412,122	830,093	830,093	830,093
	T	2639,589	892,271	0,000	0,000	623,525	286,541	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1773,837	2956,395	0,000	0,000	305,436	1527,181
9	V	2271,623	3756,455	3756,455	3756,455	403,704	811,641	811,641	811,641
	T	22421,932	23486,795	17721,487	5907,162	3844,318	4058,692	3051,455	2034,303
	L	0,000	0,000	257,912	257,912	0,000	0,000	44,410	88,820
10	V	2097,444	3445,412	3445,412	3445,412	369,701	737,022	737,022	737,022
	T	2328,439	787,092	0,000	0,000	550,025	252,764	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281
11	V	2102,155	3452,742	3452,742	3452,742	378,041	755,362	755,362	755,362
	T	2600,695	879,124	0,000	0,000	614,338	282,319	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
12	V	2253,374	3724,083	3724,083	3724,083	398,704	800,661	800,661	800,661
	T	2574,766	870,359	0,000	0,000	608,213	279,504	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281
13	V	1972,105	3220,043	3220,043	3220,043	355,770	706,503	706,503	706,503
	T	2463,271	832,670	0,000	0,000	581,875	267,401	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281
14	V	2560,581	4274,240	4274,240	4274,240	448,084	908,973	908,973	908,973
	T	2784,793	941,355	0,000	0,000	657,825	302,304	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281
15	V	1930,415	3146,195	3146,195	3146,195	343,514	679,585	679,585	679,585
	T	2237,687	756,415	0,000	0,000	528,588	242,913	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281
16	V	2892,518	4869,064	4869,064	4869,064	498,844	1020,294	1020,294	1020,294
	T	2919,624	986,932	0,000	0,000	689,675	316,940	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281
17	V	2393,864	3973,148	3973,148	3973,148	438,603	888,286	888,286	888,286
	T	3285,225	1110,518	0,000	0,000	776,038	356,628	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281
18	V	2992,906	5050,939	5050,939	5050,939	500,622	1024,104	1024,104	1024,104
	T	2478,828	837,928	0,000	0,000	585,550	269,090	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1746,649	2911,082	0,000	0,000	302,056	1510,281
19	V	1280,049	1978,270	1978,270	1978,270	257,837	491,805	491,805	491,805
	T	22351,139	23225,800	17251,449	5750,483	3858,084	4034,878	2983,375	1988,917
	L	0,000	0,000	910,787	910,787	0,000	0,000	157,507	315,013
20	V	2195,775	3620,948	3620,948	3620,948	389,165	779,738	779,738	779,738
	T	2525,501	853,705	0,000	0,000	596,575	274,156	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,866	2934,776	0,000	0,000	304,367	1521,834
21	V	2615,392	4376,731	4376,731	4376,731	434,855	879,753	879,753	879,753
	T	2038,033	688,924	0,000	0,000	481,425	221,239	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,866	2934,776	0,000	0,000	304,367	1521,834
22	V	1583,302	2525,768	2525,768	2525,768	279,204	538,475	538,475	538,475
	T	1698,360	574,104	0,000	0,000	401,188	184,366	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,866	2934,776	0,000	0,000	304,367	1521,834

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
23	V	1857,320	3013,919	3013,919	3013,919	338,338	668,297	668,297	668,297
	T	2421,784	818,646	0,000	0,000	572,075	262,897	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,866	2934,776	0,000	0,000	304,367	1521,834
24	V	2356,524	3909,565	3909,565	3909,565	411,629	828,974	828,974	828,974
	T	2515,129	850,199	0,000	0,000	594,125	273,030	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,866	2934,776	0,000	0,000	304,367	1521,834
25	V	1938,297	3159,054	3159,054	3159,054	351,040	696,153	696,153	696,153
	T	2465,864	833,546	0,000	0,000	582,488	267,682	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,866	2934,776	0,000	0,000	304,367	1521,834
26	V	2329,952	3861,194	3861,194	3861,194	411,513	828,758	828,758	828,758
	T	2644,775	894,024	0,000	0,000	624,750	287,104	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,866	2934,776	0,000	0,000	304,367	1521,834
27	V	1737,875	2797,941	2797,941	2797,941	328,800	647,462	647,462	647,462
	T	22149,432	22802,122	17008,656	5669,552	3851,622	3983,305	2939,958	1959,972
	L	0,000	0,000	1519,152	1519,152	0,000	0,000	262,586	525,173
28	V	2832,007	4763,119	4763,119	4763,119	480,130	979,141	979,141	979,141
	T	2546,244	860,717	0,000	0,000	601,475	276,408	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260
29	V	2007,384	3284,868	3284,868	3284,868	351,239	696,494	696,494	696,494
	T	2123,599	717,849	0,000	0,000	501,638	230,528	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260
30	V	1926,221	3138,912	3138,912	3138,912	340,930	673,908	673,908	673,908
	T	2167,678	732,749	0,000	0,000	512,050	235,313	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260
31	V	1983,130	3240,667	3240,667	3240,667	351,174	696,384	696,384	696,384
	T	2245,466	759,044	0,000	0,000	530,425	243,757	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260
32	V	1833,914	2973,057	2973,057	2973,057	328,462	646,584	646,584	646,584
	T	2191,015	740,638	0,000	0,000	517,563	237,846	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260
33	V	1965,377	3209,030	3209,030	3209,030	347,429	688,162	688,162	688,162
	T	2201,386	744,144	0,000	0,000	520,013	238,972	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
34	V	2253,514	3724,845	3724,845	3724,845	396,137	795,009	795,009	795,009
	T	2481,421	838,805	0,000	0,000	586,163	269,371	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260
35	V	2452,048	4079,715	4079,715	4079,715	432,474	874,739	874,739	874,739
	T	2774,421	937,849	0,000	0,000	655,375	301,178	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260
36	V	2045,061	3351,201	3351,201	3351,201	363,354	723,116	723,116	723,116
	T	2367,333	800,239	0,000	0,000	559,213	256,986	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1743,506	2905,844	0,000	0,000	302,452	1512,260
37	V	1532,407	2432,752	2432,752	2432,752	280,778	542,017	542,017	542,017
	T	21705,258	22425,233	16725,698	5575,233	3778,080	3923,337	2901,464	1934,309
	L	0,000	0,000	1640,880	1640,880	0,000	0,000	284,649	569,298
38	V	1703,230	2739,903	2739,903	2739,903	302,389	589,360	589,360	589,360
	T	1921,351	649,482	0,000	0,000	453,863	208,573	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1732,799	2887,998	0,000	0,000	301,328	1506,639
39	V	3146,745	5327,827	5327,827	5327,827	525,506	1078,598	1078,598	1078,598
	T	2559,209	865,100	0,000	0,000	604,538	277,815	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1732,799	2887,998	0,000	0,000	301,328	1506,639
40	V	1534,845	2894,995	2894,995	2894,995	280,835	659,856	659,856	659,856
	T	2688,855	908,925	0,000	0,000	635,163	291,889	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1684,208	2807,013	0,000	0,000	298,719	1493,594
41	V	1880,563	3057,842	3057,842	3057,842	329,712	649,270	649,270	649,270
	T	1996,546	674,901	0,000	0,000	471,625	216,735	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1732,799	2887,998	0,000	0,000	301,328	1506,639
42	V	1611,069	2574,391	2574,391	2574,391	286,935	555,493	555,493	555,493
	T	21710,691	22535,158	16756,961	5585,654	3830,599	3990,819	2913,978	1942,652
	L	0,000	0,000	1470,580	1470,580	0,000	0,000	255,729	511,458
43	V	1794,157	2895,028	2895,028	2895,028	313,813	603,680	603,680	603,680
	T	1693,175	572,351	0,000	0,000	399,963	183,803	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1734,958	2891,597	0,000	0,000	309,834	1549,171
44	V	1526,892	2423,893	2423,893	2423,893	271,093	520,736	520,736	520,736
	T	21579,844	22421,952	16672,729	5557,576	3857,738	4015,670	2971,655	1981,103
	L	0,000	0,000	1635,684	1635,684	0,000	0,000	291,535	583,070



APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
45	V	1916,873	3122,407	3122,407	3122,407	338,163	667,829	667,829	667,829
	T	22047,522	22826,551	16814,564	5604,855	3872,271	4023,135	2990,847	1993,898
	L	0,000	0,000	1522,805	1522,805	0,000	0,000	270,865	541,730
46	V	2315,541	3834,825	3834,825	3834,825	412,809	831,627	831,627	831,627
	T	22319,742	22891,039	16993,737	5664,579	3864,077	3981,591	2927,642	1951,761
	L	0,000	0,000	1726,432	1726,432	0,000	0,000	297,426	594,851
47	V	2538,169	4233,641	4233,641	4233,641	447,568	907,860	907,860	907,860
	T	2880,730	973,785	0,000	0,000	680,488	312,718	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1770,367	2950,611	0,000	0,000	304,597	1522,986
48	V	2439,590	4056,875	4056,875	4056,875	433,396	876,785	876,785	876,785
	T	2870,359	970,279	0,000	0,000	678,038	311,592	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1770,367	2950,611	0,000	0,000	304,597	1522,986
49	V	2400,799	3987,700	3987,700	3987,700	425,107	858,592	858,592	858,592
	T	2771,828	936,972	0,000	0,000	654,763	300,896	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1770,367	2950,611	0,000	0,000	304,597	1522,986
50	V	2014,625	3296,330	3296,330	3296,330	360,559	717,006	717,006	717,006
	T	22543,031	23401,913	17437,385	5812,462	3879,710	4053,084	3000,157	2000,105
	L	0,000	0,000	1019,665	1019,665	0,000	0,000	175,437	350,873
51	V	2287,030	3784,818	3784,818	3784,818	401,622	807,038	807,038	807,038
	T	2509,943	848,446	0,000	0,000	592,900	272,467	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1772,006	2953,344	0,000	0,000	305,739	1528,694
52	V	2391,871	3972,500	3972,500	3972,500	419,224	845,650	845,650	845,650
	T	2608,474	881,753	0,000	0,000	616,175	283,163	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1772,006	2953,344	0,000	0,000	305,739	1528,694
53	V	1467,883	2316,090	2316,090	2316,090	277,783	535,503	535,503	535,503
	T	22269,924	23019,817	17151,758	5717,253	3854,363	4005,693	2959,335	1972,890
	L	0,000	0,000	1483,906	1483,906	0,000	0,000	256,031	512,061
54	V	2209,000	3646,593	3646,593	3646,593	379,911	759,347	759,347	759,347
	T	2128,785	719,602	0,000	0,000	502,863	231,091	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,030	2943,383	0,000	0,000	305,599	1527,997
55	V	2193,787	3618,421	3618,421	3618,421	382,846	765,829	765,829	765,829
	T	2310,289	780,956	0,000	0,000	545,738	250,794	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,030	2943,383	0,000	0,000	305,599	1527,997

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
56	V	2173,589	3581,514	3581,514	3581,514	383,839	768,041	768,041	768,041
	T	2447,713	827,411	0,000	0,000	578,200	265,712	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,030	2943,383	0,000	0,000	305,599	1527,997
57	V	2140,338	3521,184	3521,184	3521,184	382,982	766,200	766,200	766,200
	T	2585,138	873,865	0,000	0,000	610,663	280,630	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,030	2943,383	0,000	0,000	305,599	1527,997
58	V	2400,384	3986,927	3986,927	3986,927	425,275	858,962	858,962	858,962
	T	2779,607	939,602	0,000	0,000	656,600	301,741	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,030	2943,383	0,000	0,000	305,599	1527,997
59	V	2707,587	4538,207	4538,207	4538,207	468,941	954,682	954,682	954,682
	T	2784,793	941,355	0,000	0,000	657,825	302,304	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,030	2943,383	0,000	0,000	305,599	1527,997
60	V	2178,862	3589,560	3589,560	3589,560	392,875	787,929	787,929	787,929
	T	2743,306	927,331	0,000	0,000	648,025	297,800	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,030	2943,383	0,000	0,000	305,599	1527,997
61	V	2362,856	3919,792	3919,792	3919,792	418,723	844,586	844,586	844,586
	T	2735,527	924,701	0,000	0,000	646,188	296,956	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,030	2943,383	0,000	0,000	305,599	1527,997
62	V	2010,334	3289,413	3289,413	3289,413	355,389	705,629	705,629	705,629
	T	22422,667	23489,168	17629,215	5876,405	3863,371	4075,552	3050,614	2033,743
	L	0,000	0,000	349,123	349,123	0,000	0,000	60,413	120,827
63	V	1933,558	3151,712	3151,712	3151,712	343,845	680,318	680,318	680,318
	T	2235,094	755,538	0,000	0,000	527,975	242,631	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,754	2927,924	0,000	0,000	304,627	1523,133
64	V	2043,023	3347,564	3347,564	3347,564	362,922	722,170	722,170	722,170
	T	2362,147	798,486	0,000	0,000	557,988	256,423	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,754	2927,924	0,000	0,000	304,627	1523,133
65	V	2003,889	3278,461	3278,461	3278,461	351,460	696,983	696,983	696,983
	T	2149,528	726,614	0,000	0,000	507,763	233,342	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,754	2927,924	0,000	0,000	304,627	1523,133
66	V	2028,404	3320,350	3320,350	3320,350	365,741	728,402	728,402	728,402
	T	2538,465	858,088	0,000	0,000	599,638	275,564	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,754	2927,924	0,000	0,000	304,627	1523,133

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
67	V	2428,621	4037,404	4037,404	4037,404	430,440	870,293	870,293	870,293
	T	2821,093	953,626	0,000	0,000	666,400	306,244	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,754	2927,924	0,000	0,000	304,627	1523,133
68	V	2397,233	3983,091	3983,091	3983,091	415,614	837,687	837,687	837,687
	T	2447,713	827,411	0,000	0,000	578,200	265,712	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,754	2927,924	0,000	0,000	304,627	1523,133
69	V	1877,505	3052,671	3052,671	3052,671	327,747	644,948	644,948	644,948
	T	1942,095	656,494	0,000	0,000	458,763	210,824	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,754	2927,924	0,000	0,000	304,627	1523,133
70	V	1384,202	2168,670	2168,670	2168,670	250,113	474,693	474,693	474,693
	T	22272,979	23233,878	17339,103	5779,701	3839,888	4031,937	3006,653	2004,435
	L	0,000	0,000	941,284	941,284	0,000	0,000	163,222	326,443
71	V	2168,857	3573,768	3573,768	3573,768	378,452	756,193	756,193	756,193
	T	2281,767	771,315	0,000	0,000	539,000	247,698	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,497	2934,161	0,000	0,000	303,718	1518,588
72	V	2803,544	4709,729	4709,729	4709,729	485,656	991,363	991,363	991,363
	T	2901,474	980,797	0,000	0,000	685,388	314,970	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,497	2934,161	0,000	0,000	303,718	1518,588
73	V	2471,123	4113,261	4113,261	4113,261	438,942	888,953	888,953	888,953
	T	2909,253	983,427	0,000	0,000	687,225	315,814	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,497	2934,161	0,000	0,000	303,718	1518,588
74	V	2165,745	3565,888	3565,888	3565,888	392,439	786,978	786,978	786,978
	T	2789,978	943,108	0,000	0,000	659,050	302,867	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,497	2934,161	0,000	0,000	303,718	1518,588
75	V	2214,768	3702,431	3702,431	3702,431	393,212	801,662	801,662	801,662
	T	2665,518	901,036	0,000	0,000	629,650	289,356	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1683,878	2806,463	0,000	0,000	303,938	1519,692
76	V	2111,690	3470,214	3470,214	3470,214	376,563	752,104	752,104	752,104
	T	2499,572	844,940	0,000	0,000	590,450	271,341	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1760,497	2934,161	0,000	0,000	303,718	1518,588
77	V	1853,393	3007,284	3007,284	3007,284	331,420	653,112	653,112	653,112
	T	22235,416	23026,903	17107,721	5702,574	3849,106	4005,277	2951,392	1967,594
	L	0,000	0,000	1384,867	1384,867	0,000	0,000	238,915	477,829

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
78	V	2333,844	3872,323	3872,323	3872,323	395,644	793,748	793,748	793,748
	T	2053,590	694,183	0,000	0,000	485,100	222,928	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,825	2944,708	0,000	0,000	305,831	1529,156
79	V	1546,755	2456,893	2456,893	2456,893	286,992	555,727	555,727	555,727
	T	22113,321	22864,835	17000,708	5666,903	3846,812	3991,838	2942,762	1961,842
	L	0,000	0,000	1603,572	1603,572	0,000	0,000	277,573	555,145
80	V	1982,084	3239,685	3239,685	3239,685	347,011	687,212	687,212	687,212
	T	2100,263	709,960	0,000	0,000	496,125	227,994	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1766,468	2944,114	0,000	0,000	306,468	1532,339
81	V	1918,204	3126,782	3126,782	3126,782	330,874	651,739	651,739	651,739
	T	22069,198	22937,277	17147,397	5715,799	3864,848	4031,069	2974,933	1983,289
	L	0,000	0,000	1414,517	1414,517	0,000	0,000	245,407	490,814
82	V	2023,991	3313,516	3313,516	3313,516	357,228	709,685	709,685	709,685
	T	22348,832	23333,972	17421,372	5807,124	3889,518	4082,331	3067,871	2045,247
	L	0,000	0,000	702,739	702,739	0,000	0,000	123,751	247,502
83	V	2068,937	3393,188	3393,188	3393,188	372,868	744,019	744,019	744,019
	T	2582,545	872,988	0,000	0,000	610,050	280,349	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,894	2928,157	0,000	0,000	303,331	1516,657
84	V	2392,297	3973,175	3973,175	3973,175	419,136	845,464	845,464	845,464
	T	2603,288	880,000	0,000	0,000	614,950	282,600	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,894	2928,157	0,000	0,000	303,331	1516,657
85	V	2454,395	4083,682	4083,682	4083,682	433,786	877,627	877,627	877,627
	T	2810,722	950,120	0,000	0,000	663,950	305,118	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,894	2928,157	0,000	0,000	303,331	1516,657
86	V	2202,849	3633,268	3633,268	3633,268	392,740	787,596	787,596	787,596
	T	2616,253	884,383	0,000	0,000	618,013	284,008	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,894	2928,157	0,000	0,000	303,331	1516,657
87	V	2153,092	3543,341	3543,341	3543,341	390,119	781,883	781,883	781,883
	T	2771,828	936,972	0,000	0,000	654,763	300,896	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,894	2928,157	0,000	0,000	303,331	1516,657
88	V	2692,284	4511,339	4511,339	4511,339	461,778	938,951	938,951	938,951
	T	22461,318	23380,887	17432,322	5810,774	3863,721	4049,499	3009,726	2006,484
	L	0,000	0,000	728,920	728,920	0,000	0,000	125,850	251,699

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
89	V	2017,687	3301,095	3301,095	3301,095	366,047	729,073	729,073	729,073
	T	2595,510	877,371	0,000	0,000	613,113	281,756	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1761,101	2935,168	0,000	0,000	303,515	1517,576
90	V	2031,606	3325,283	3325,283	3325,283	372,884	744,104	744,104	744,104
	T	2766,642	935,219	0,000	0,000	653,538	300,333	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1761,101	2935,168	0,000	0,000	303,515	1517,576
91	V	2310,900	3829,302	3829,302	3829,302	394,231	790,750	790,750	790,750
	T	22258,286	23086,861	17222,961	5740,987	3839,608	4006,659	2968,275	1978,850
	L	0,000	0,000	1225,522	1225,522	0,000	0,000	211,211	422,423
92	V	1696,434	2727,277	2727,277	2727,277	304,126	593,188	593,188	593,188
	T	2014,696	681,036	0,000	0,000	475,913	218,706	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,855	2928,092	0,000	0,000	303,607	1518,034
93	V	2008,887	3285,850	3285,850	3285,850	360,972	717,918	717,918	717,918
	T	2463,271	832,670	0,000	0,000	581,875	267,401	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,855	2928,092	0,000	0,000	303,607	1518,034
94	V	2255,926	3729,415	3729,415	3729,415	394,754	791,963	791,963	791,963
	T	2421,784	818,646	0,000	0,000	572,075	262,897	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,855	2928,092	0,000	0,000	303,607	1518,034
95	V	2492,945	4154,238	4154,238	4154,238	431,503	872,551	872,551	872,551
	T	2535,873	857,211	0,000	0,000	599,025	275,282	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,855	2928,092	0,000	0,000	303,607	1518,034
96	V	2435,288	4048,545	4048,545	4048,545	436,131	882,813	882,813	882,813
	T	2989,633	1010,598	0,000	0,000	706,213	324,540	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,855	2928,092	0,000	0,000	303,607	1518,034
97	V	2421,796	4026,077	4026,077	4026,077	424,140	856,434	856,434	856,434
	T	2631,810	889,642	0,000	0,000	621,688	285,697	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1756,855	2928,092	0,000	0,000	303,607	1518,034
98	V	1653,479	2649,755	2649,755	2649,755	302,644	589,961	589,961	589,961
	T	22208,646	23202,828	17494,849	5831,616	3834,656	4036,602	3023,332	2015,555
	L	0,000	0,000	535,850	535,850	0,000	0,000	92,602	185,203
99	V	2226,967	3677,382	3677,382	3677,382	390,252	782,098	782,098	782,098
	T	2403,634	812,510	0,000	0,000	567,788	260,927	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1728,035	2880,059	0,000	0,000	301,160	1505,799

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
100	V	2531,320	4222,842	4222,842	4222,842	435,907	882,220	882,220	882,220
	T	2486,607	840,558	0,000	0,000	587,388	269,934	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1728,035	2880,059	0,000	0,000	301,160	1505,799
101	V	1799,259	2910,198	2910,198	2910,198	330,714	651,557	651,557	651,557
	T	2455,492	830,040	0,000	0,000	580,038	266,556	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1728,035	2880,059	0,000	0,000	301,160	1505,799
102	V	2023,888	3312,368	3312,368	3312,368	367,351	731,923	731,923	731,923
	T	2624,032	887,012	0,000	0,000	619,850	284,852	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1728,035	2880,059	0,000	0,000	301,160	1505,799
103	V	2405,484	3996,207	3996,207	3996,207	425,010	858,374	858,374	858,374
	T	2743,306	927,331	0,000	0,000	648,025	297,800	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1728,035	2880,059	0,000	0,000	301,160	1505,799
104	V	3405,453	5789,515	5789,515	5789,515	566,681	1169,012	1169,012	1169,012
	T	2712,191	916,813	0,000	0,000	640,675	294,422	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1728,035	2880,059	0,000	0,000	301,160	1505,799
105	V	2555,796	4262,908	4262,908	4262,908	466,839	950,228	950,228	950,228
	T	3487,473	1178,885	0,000	0,000	823,813	378,583	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1728,035	2880,059	0,000	0,000	301,160	1505,799
106	V	2211,301	3645,770	3645,770	3645,770	413,259	832,714	832,714	832,714
	T	3324,119	1123,666	0,000	0,000	785,225	360,850	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1728,035	2880,059	0,000	0,000	301,160	1505,799
107	V	2228,087	3685,434	3685,434	3685,434	376,045	750,588	750,588	750,588
	T	18724,079	19037,135	14283,762	4761,254	3427,648	3489,080	2489,356	1659,571
	L	0,000	0,000	3241,822	3241,822	0,000	0,000	564,981	1129,962
108	V	968,863	1419,921	1419,921	1419,921	189,776	342,641	342,641	342,641
	T	21249,165	22118,721	16188,592	5396,197	3842,685	4010,142	3036,810	2024,540
	L	0,000	0,000	1310,463	1310,463	0,000	0,000	245,829	491,658
109	V	2136,383	3513,351	3513,351	3513,351	387,511	776,159	776,159	776,159
	T	2769,235	936,096	0,000	0,000	654,150	300,615	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
110	V	3139,363	5313,089	5313,089	5313,089	527,436	1082,938	1082,938	1082,938
	T	2681,076	906,295	0,000	0,000	633,325	291,045	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
111	V	1865,549	3029,820	3029,820	3029,820	334,125	658,999	658,999	658,999
	T	2232,501	754,662	0,000	0,000	527,363	242,350	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
112	V	2210,487	3646,487	3646,487	3646,487	396,804	796,525	796,525	796,525
	T	2725,155	921,195	0,000	0,000	643,738	295,830	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
113	V	3135,791	4985,286	4985,286	4985,286	550,291	1049,403	1049,403	1049,403
	T	2989,633	1010,598	0,000	0,000	706,213	324,540	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1668,926	2781,543	0,000	0,000	299,101	1495,504
114	V	2381,546	3953,107	3953,107	3953,107	422,747	853,419	853,419	853,419
	T	2784,793	941,355	0,000	0,000	657,825	302,304	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
115	V	2034,550	3333,441	3333,441	3333,441	355,373	705,567	705,567	705,567
	T	2133,970	721,355	0,000	0,000	504,088	231,654	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
116	V	1624,100	2596,898	2596,898	2596,898	298,334	580,514	580,514	580,514
	T	2178,050	736,255	0,000	0,000	514,500	236,439	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
117	V	2388,122	3964,621	3964,621	3964,621	425,484	859,434	859,434	859,434
	T	2849,615	963,267	0,000	0,000	673,138	309,341	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
118	V	2427,521	4034,384	4034,384	4034,384	436,923	884,557	884,557	884,557
	T	3059,642	1034,263	0,000	0,000	722,750	332,140	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
119	V	2630,412	4399,779	4399,779	4399,779	456,776	928,020	928,020	928,020
	T	2738,120	925,578	0,000	0,000	646,800	297,237	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
120	V	1717,948	2763,800	2763,800	2763,800	320,967	630,204	630,204	630,204
	T	2512,536	849,323	0,000	0,000	593,513	272,749	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
121	V	2972,601	5013,328	5013,328	5013,328	507,516	1039,289	1039,289	1039,289
	T	2815,908	951,873	0,000	0,000	665,175	305,681	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984

APOYO		CONDUCTOR LA-380 GULL				CABLE DE GUARDA OPGW FO15			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
122	V	2157,405	3550,828	3550,828	3550,828	392,011	786,036	786,036	786,036
	T	2823,686	954,502	0,000	0,000	667,013	306,526	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1726,842	2878,070	0,000	0,000	299,597	1497,984
123	V	1723,033	2773,262	2773,262	2773,262	324,167	637,210	637,210	637,210
	T	21431,028	21358,765	16190,625	5396,875	3743,058	3840,243	2808,977	1872,651
	L	0,000	0,000	2001,721	2001,721	0,000	0,000	347,287	694,573
124	V	3918,114	6706,825	6706,825	6706,825	650,725	1331,180	1331,180	1331,180
	T	3145,208	1063,187	0,000	0,000	742,963	341,429	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1724,434	2874,056	0,000	0,000	299,095	1495,473
125	V	2105,882	3897,546	3897,546	3897,546	377,640	878,815	878,815	878,815
	T	3391,535	1146,454	0,000	0,000	801,150	368,169	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1680,431	2800,719	0,000	0,000	297,158	1485,790
126	V	1740,915	3084,852	3084,852	3084,852	283,406	638,046	638,046	638,046
	T	2717,377	918,566	0,000	0,000	641,900	294,985	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1667,000	2778,334	0,000	0,000	299,123	1495,614
127	V	1597,296	2542,320	2542,320	2542,320	275,466	530,861	530,861	530,861
	T	21210,469	21050,865	16265,858	5421,953	3873,531	4065,968	2963,977	1975,984
	L	0,000	0,000	770,168	770,168	0,000	0,000	133,582	267,164
128	V	2200,490	3911,770	3911,770	3911,770	377,595	783,169	783,169	783,169
	T	1169,405	395,299	0,000	0,000	276,238	126,945	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	1621,690	2702,816	0,000	0,000	309,382	1546,909
129	V	296,883	263,391	-	263,391	-35,813	-10,234	-	-10,234
	T	0,000	0,000	-	0,000	0,000	0,000	-	0,000
	L	10217,587	10834,774	-	10834,774	1970,710	2082,589	-	2082,589



## 2.6 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Partiendo de lo estipulado en la ITC-LAT 07 del reglamento, se procede a calcular las distancias mínimas de seguridad. Es necesario guardar distancia en líneas de conductor desnudo, ya que el aislamiento entre elementos a diferente tensión eléctrica es el propio aire. Se definen tres distancias de seguridad:

- $D_{el}$ : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Es aplicable tanto para distancias en el apoyo como para distancias a obstáculos.
- $D_{pp}$ : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Se trata de una distancia interna, entre conductores.
- $a_{som}$ : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Según la tabla 15 de la misma ITC, se obtiene que para el nivel de tensión de la línea del presente proyecto, las distancias anteriores valen:

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$	$D_{pp}$
<b>145</b>	1,20	1,40
<b>170</b>	1,30	1,50
<b>245</b>	1,70	2,00
<b>420</b>	2,80	3,20

Los valores dados en la tabla están basados en un análisis de los valores usados comúnmente en Europa, los cuales han sido probados que son lo suficientemente seguros para el público en general.

### 2.6.1 DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES

La separación mínima entre conductores de fase depende de distintos factores y queda definida según:

$$D = K \cdot \sqrt{f_{m\acute{a}x} + L_{cad}} + K' \cdot D_{pp}$$

Donde,

$K$ : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento

$f_{m\acute{a}x}$ : Flecha máxima (m)

$L_{cad}$ : Longitud de la cadena de suspensión (m)

$K'$ : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea

$D_{pp}$ : Distancia mínima aérea especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido (m)

Para comprobar las distancias correctamente se cogerá el vano de mayor distancia (Apoyos 105-106 = 856 m). Calculando nos quedan estas flechas máximas:

HIPÓTESIS	RESULTANTE	FLECHA
<b>Flecha máxima viento</b>	2,133	41,098
<b>Flecha máxima temperatura</b>	1,250	57,636
<b>Flecha máxima hielo</b>	2,157	55,054

#### 2.6.1.1 DISTANCIA CON VIENTO

El valor del coeficiente  $K$  correspondiente se tomará de la Tabla 16 de la ITC-LAT 07.

Ángulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
<b>Superior a 65°</b>	0,7	0,65
<b>Entre 40° y 65°</b>	0,65	0,6
<b>Inferior a 40°</b>	0,6	0,55

El valor del coeficiente  $K$  depende del ángulo de oscilación  $\alpha$ . Dicho ángulo vale, para el caso que nos ocupa:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{p_v}{p_p}\right)$$

Donde,

$p_v$ : Peso del cable con sobrecarga de viento (daN/m)

$p_p$ : Peso del conductor sin sobrecargas ( $daN/m$ )

Calculando nos queda:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{2,133}{1,249}\right) = 59,648^\circ$$

De la tabla anterior, se obtiene un valor de **0,65**.

Por otra parte, el valor del coeficiente  $K'$  para una tensión nominal de 400  $kV$  es de **0,85**.

La flecha máxima a considerar para la distancia entre conductores es la correspondiente a la hipótesis de viento. Determinaremos la flecha máxima del vano más largo de nuestra línea (Apoyos 105-106: 856  $m$ ):

$$f_{\max} = 41,098 \text{ m}$$

La longitud de la cadena de suspensión es la multiplicación de la longitud de paso (170  $mm$ ) por la cantidad de aisladores (21). Nos queda:

$$L_{cad} = 21 \cdot 170 = 3,570 \text{ m}$$

El valor de  $D_{pp}$  se obtiene de la tabla 15 de la ITC-LAT 07. Para 420  $kV$  de tensión más elevada de la línea el valor es **3,20**.

Para este caso, la distancia horizontal mínima entre conductores será:

$$D_{viento.vano\ 856} = 0,65 \cdot \sqrt{41,098 + 3,570} + 0,85 \cdot 3,20 = 7,064 \text{ m}$$

#### 2.6.1.2 DISTANCIA CON HIELO

La distancia entre conductores en posición vertical se obtendrá considerando la flecha máxima de hielo sin desviación del conductor por viento, es decir,  $\alpha = 0$ , y por tanto, según la Tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07,  $K = 0,6$ .

La flecha máxima será:

$$f_{\max} = 55,054 \text{ m}$$

Calculando nos queda:

$$D_{hielo.vano\ 856} = 0,6 \cdot \sqrt{55,054 + 3,570} + 0,85 \cdot 3,20 = 7,314 \text{ m}$$

### 2.6.1.3 DISTANCIA CON TEMPERATURA

La distancia entre conductores en posición vertical se obtendrá considerando la flecha máxima de temperatura sin desviación del conductor por viento, es decir,  $\alpha = 0$ , y por tanto, según la Tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07,  $K = 0,6$ .

La flecha máxima será:

$$f_{\max} = 57,636 \text{ m}$$

Calculando nos queda:

$$D_{\text{temperatura.vano } 856} = 0,6 \cdot \sqrt{57,636 + 3,570} + 0,85 \cdot 3,20 = 7,414 \text{ m}$$

Los apoyos 42S1 y 42S2 mantienen una distancia entre conductores en disposición horizontal y vertical mayor de 7,066 y 7,413 m respectivamente, y por lo tanto, satisfacen las condiciones reglamentarias.

Se podría hacer una comprobación similar para los armados utilizados en apoyos de cadenas de amarre que tienen una mayor separación entre conductores, tomando en la fórmula de distancia, la longitud de la cadena,  $L_{CAD} = 0$ , por ser cadena de amarre, con lo que resulta una distancia D inferior a la calculada y se cumplen también las distancias reglamentarias.

### 2.6.2 DISTANCIA ENTRE LOS CONDUCTORES DE FASE Y LAS PARTES PUESTAS A TIERRA

A continuación se calcula, la desviación de la cadena de aisladores en un apoyo de alineación entre el vano anterior y el posterior.

La separación mínima entre los conductores y otros elementos en tensión a los apoyos no será inferior a  $D_{el}$ . Se tendrá en cuenta la desviación de las cadenas de suspensión, considerando la mitad de la presión del viento a  $140 \text{ km/h}$ , con una temperatura de  $-10^\circ\text{C}$ .

Los cálculos son los siguientes

**Eolovano:**

$$a_e = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Donde,

$a_1$ : Vano anterior (m)

$a_2$ : Vano posterior (m)

**Mitad de la tracción a -10°C + viento:**

$$T_{V/2} = \frac{T_V}{2} \text{ (daN)}$$

Donde,

$T_V$ : Tracción de la alineación a -10°C + viento (daN)

**Peso de conductor de fase con una sobrecarga debida a una presión de viento mitad a la correspondiente a 140 km/h:**

$$p_{f/2} = \sqrt{p_{pf}^2 + \left(\frac{q}{2} \cdot \theta\right)^2} \text{ (daN/m)}$$

Donde,

$p_{pf}$ : Peso conductor sin sobrecargas (daN)

$q$ : Presión del viento (daN)

$\theta$ : Diámetro conductor (m)

**Gravivano:**

$$a_{gV/2} = a_e + \frac{T_{V/2}}{p_{f/2}} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2}\right) \text{ (m)}$$

Donde,

$d_1$ : Desnivel anterior (m)

$d_2$ : Desnivel posterior (m)

**Peso de los conductores:**

$$P_{COND} = 2 \cdot p_{f/2} \cdot a_{gV/2} \text{ (daN)}$$

**Peso de la cadena de aisladores:**

$$P_{CAD} = 308,909 \text{ daN}$$

**Viento sobre la cadena de aisladores:**

$$F_{VCAD} = q_{V/2} \cdot \theta_{CAD} \cdot L_{CAD} \text{ (daN)}$$

Donde,

$q_{V/2}$ : Mitad presión del viento (daN)

$\theta_{CAD}$ : Diámetro cadena suspensión: 0,45 m

$L_{CAD}$ : Longitud cadena suspensión: 3,57 m

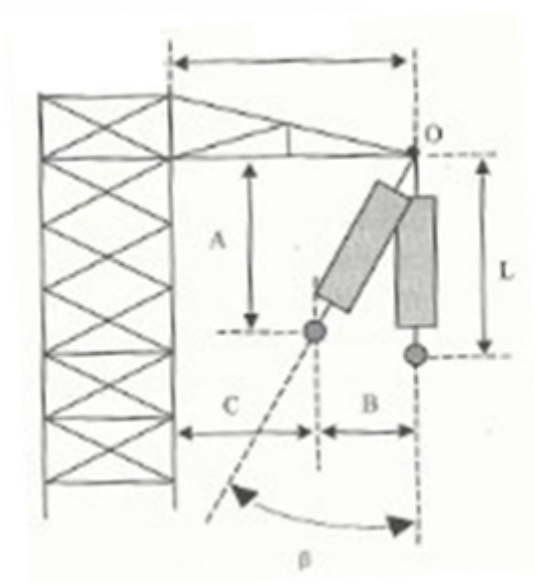
**Viento sobre los conductores:**

$$F_{VCOND} = 2 \cdot q_{V/2} \cdot \theta \cdot a_e \text{ (daN)}$$

**Ángulo de desviación de la cadena:**

$$\beta = \arctan \left( \frac{\frac{F_{VCAD}}{2} + F_{VCOND}}{P_{COND} + \frac{P_{CAD}}{2}} \right)$$

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior  $D_{el}$ , con un mínimo de 0,2 m. Para nuestra línea el valor de  $D_{el}$  es de 2,80 m. Según puede observarse en la figura, el cálculo de los parámetros corroborará la correcta elección de los apoyos:



$$A = L_{CAD} \cdot \cos \beta \text{ (m)}$$

$$B = L_{CAD} \cdot \sin \beta \text{ (m)}$$

$$C_{42S1} = 6,6 - B \text{ (m)}$$

$$C_{42S2} = 6,8 - B \text{ (m)}$$

En la siguiente tabla confirmaremos que los apoyos 42S1 y 42S2 cumplen con la desviación máxima permitida:

Nº APOYO	$a_e$ (m)	$g_{gV/2}$ (m)	$\beta$	Tipo de apoyo	$A$ (m)	$B$ (m)	$C$ (m)
4	380	388,099	26,646	42S1	3,191	1,601	4,999
5	367	365,266	27,112	42S1	3,178	1,627	4,973
8	509	514,056	27,322	42S1	3,172	1,639	4,961
10	449	453,898	27,123	42S1	3,177	1,628	4,972
11	501,5	441,125	30,324	42S1	3,082	1,802	4,798
12	496,5	498,194	27,425	42S2	3,169	1,644	5,156
13	475	403,422	31,012	42S1	3,060	1,839	4,761
14	537	595,420	25,433	42S2	3,224	1,533	5,267
15	431,5	404,265	28,672	42S2	3,132	1,713	5,087
16	563	617,118	25,720	42S1	3,216	1,549	5,051
17	633,5	588,808	29,437	42S2	3,109	1,755	5,045
18	478	389,845	31,944	42S1	3,029	1,889	4,711
20	487	450,183	29,171	42S1	3,117	1,740	4,860
21	393	363,764	28,756	42S2	3,130	1,717	5,083
22	327,5	339,079	26,110	42S1	3,206	1,571	5,029
23	467	569,540	23,397	42S1	3,276	1,418	5,182
24	485	429,890	30,094	42S2	3,089	1,790	5,010
25	475,5	560,109	24,090	42S1	3,259	1,457	5,143
26	510	508,820	27,585	42S2	3,164	1,653	5,147
28	491	641,319	22,146	42S2	3,307	1,346	5,454
29	409,5	378,501	28,866	42S1	3,126	1,723	4,877
30	418	428,280	26,734	42S2	3,188	1,606	5,194
31	433	443,039	26,816	42S1	3,186	1,611	4,989
32	422,5	438,634	26,479	42S1	3,196	1,592	5,008
33	424,5	419,618	27,505	42S1	3,166	1,649	4,951
34	478,5	495,887	26,693	42S1	3,190	1,604	4,996

Nº APOYO	$a_e$ (m)	$g_{gV/2}$ (m)	$\beta$	Tipo de apoyo	A (m)	B(m)	C (m)
35	535	513,476	28,492	42S2	3,138	1,703	5,097
36	456,5	450,406	27,660	42S2	3,162	1,657	5,143
38	370,5	309,526	30,832	42S1	3,065	1,830	4,770
39	493,5	435,650	30,215	42S1	3,085	1,797	4,803
41	385	360,897	28,448	42S1	3,139	1,701	4,899
47	555,5	555,500	27,649	42S2	3,162	1,657	5,143
48	553,5	545,142	27,974	42S2	3,153	1,675	5,125
49	534,5	508,807	28,670	42S2	3,132	1,713	5,087
51	484	482,251	27,539	42S1	3,166	1,651	4,949
52	503	516,135	26,968	42S2	3,182	1,619	5,181
54	410,5	476,223	24,221	42S1	3,256	1,465	5,135
55	445,5	495,272	25,162	42S1	3,231	1,518	5,082
56	472	478,107	27,154	42S1	3,177	1,629	4,971
57	498,5	456,177	29,433	42S1	3,109	1,754	4,846
58	536	537,288	27,551	42S2	3,165	1,651	5,149
59	537	526,485	28,033	42S2	3,151	1,678	5,122
60	529	581,597	25,590	42S2	3,220	1,542	5,258
61	527,5	531,468	27,420	42S2	3,169	1,644	5,156
63	431	399,090	28,922	42S1	3,125	1,727	4,873
64	455,5	436,522	28,278	42S1	3,144	1,691	4,909
65	414,5	437,375	26,119	42S1	3,205	1,572	5,028
66	489,5	418,625	30,914	42S1	3,063	1,834	4,766
67	544	544,645	27,596	42S2	3,164	1,654	5,146
68	472	559,778	23,949	42S2	3,263	1,449	5,351
69	374,5	362,425	27,727	42S1	3,160	1,661	4,939
71	440	442,554	27,198	42S1	3,175	1,632	4,968
72	559,5	468,489	31,639	42S2	3,039	1,873	4,927
73	561	568,113	27,389	42S2	3,170	1,642	5,158



Nº APOYO	$a_e$ (m)	$g_{gV/2}$ (m)	$\beta$	Tipo de apoyo	A (m)	B(m)	C (m)
74	538	634,559	24,187	42S2	3,257	1,463	5,337
76	482	410,286	30,990	42S2	3,060	1,838	4,962
78	396	417,744	26,055	42S1	3,207	1,568	5,032
80	405	361,123	29,618	42S1	3,104	1,764	4,836
83	498	512,190	26,906	42S2	3,184	1,616	5,184
84	502	537,930	26,059	42S1	3,207	1,568	5,032
85	542	529,204	28,135	42S2	3,148	1,683	5,117
86	504,5	511,343	27,233	42S2	3,174	1,634	5,166
87	534,5	443,641	31,760	42S1	3,035	1,879	4,721
89	500,5	525,294	26,488	42S1	3,195	1,592	5,008
90	533,5	434,574	32,191	42S2	3,021	1,902	4,898
92	388,5	321,500	31,154	42S1	3,055	1,847	4,753
93	475	416,854	30,278	42S1	3,083	1,800	4,800
94	467	510,022	25,580	42S2	3,220	1,541	5,259
95	489	580,204	23,976	42S1	3,262	1,451	5,149
96	576,5	543,321	28,999	42S2	3,122	1,731	5,069
97	507,5	539,386	26,243	42S2	3,202	1,579	5,221
99	463,5	494,933	26,031	42S1	3,208	1,567	5,033
100	479,5	487,597	27,094	42S2	3,178	1,626	5,174
101	473,5	459,232	28,083	42S1	3,150	1,681	4,919
102	506	410,881	32,160	42S2	3,022	1,900	4,900
103	529	541,736	27,076	42S2	3,179	1,625	5,175
104	523	448,556	30,970	42S2	3,061	1,837	4,963
105	672,5	801,378	24,170	42S1	3,257	1,462	5,138
106	641	626,756	28,317	42S2	3,143	1,693	5,107
109	534	413,504	33,375	42S1	2,981	1,964	4,636
110	517	697,269	21,595	42S2	3,319	1,314	5,486
111	430,5	477,972	25,145	42S1	3,232	1,517	5,083

Nº APOYO	$a_e$ (m)	$g_{gV/2}$ (m)	$\beta$	Tipo de apoyo	A (m)	B(m)	C (m)
112	525,5	475,766	29,756	42S1	3,099	1,772	4,828
114	537	551,463	27,036	42S2	3,180	1,623	66,377
115	411,5	374,923	29,184	42S1	3,117	1,741	4,859
116	420	538,167	22,363	42S1	3,302	1,358	5,242
117	549,5	554,889	27,424	42S2	3,169	1,644	5,156
118	590	529,887	30,116	42S2	3,088	1,791	5,009
119	528	571,399	25,914	42S2	3,211	1,560	5,240
120	484,5	363,354	33,911	42S1	2,963	1,992	4,608
121	543	641,859	24,152	42S2	3,257	1,461	5,339
122	544,5	538,573	27,860	42S2	3,156	1,668	5,132
124	606,5	639,725	26,607	42S1	3,192	1,599	5,001

Como se puede apreciar en la tabla, ningún valor, ya sea A o C, es inferior a 2,8 metros

### 2.6.3 DISTANCIAS AL TERRENO

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su flecha máxima vertical, según la hipótesis de temperatura o hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el}$$

Con un mínimo de 6 metros.

Cuando las líneas atraviesen explotaciones ganaderas cercadas o explotaciones agrícolas la altura mínima será de 7 metros, con objeto de evitar accidentes por proyección de agua o por circulación de maquinaria agrícola, camiones y otros vehículos.

En este caso:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + 2,80 = 8,1$$

Por tanto, la distancia mínima debe ser 8,1 metros

## 2.6.4 DISTANCIA A OTRAS LÍNEAS

### 2.6.4.1 CRUZAMIENTOS

Según se indica en el apartado 5.6.1 de la ITC-LAT 07, la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el}$$

La distancia mínima en vertical entre ambas líneas, suponiendo los conductores de la línea con su máxima flecha debe ser:

$$D_{add} + D_{pp} = 3,5 + D_{pp}$$

En nuestro caso tenemos 4 tipos de líneas según su voltaje (20 kV, 45 kV, 66 kV y 220 kV), que cruzan con nuestra línea a estudiar.

Las distancias correspondientes son:

Para líneas de 20 kV:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 0,22 = 1,72 \text{ metros}$$

Nos queda una distancia de 1,72 metros, pero tomaremos el mínimo para este tipo de línea, 2 metros.

$$D_{add} + D_{pp} = 3,5 + 0,25 = 3,75 \text{ metros}$$

Para líneas de 45 kV:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 0,6 = 2,1 \text{ metros}$$

Nos queda una distancia de 2,1 metros, pero tomaremos el mínimo para este tipo de línea, 3 metros.

$$D_{add} + D_{pp} = 3,5 + 0,7 = 4,2 \text{ metros}$$

Para líneas de 66 kV:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 0,7 = 2,2 \text{ metros}$$

Nos queda una distancia de 2,2 metros, pero tomaremos el mínimo para este tipo de línea, 3 metros.

$$D_{add} + D_{pp} = 3,5 + 0,8 = 4,3 \text{ metros}$$

Para líneas de 220 kV:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 1,70 = 3,2 \text{ metros}$$

Nos queda una distancia de 3,2 metros, pero tomaremos el mínimo para este tipo de línea, 5 metros.

$$D_{add} + D_{pp} = 3,5 + 2 = 5,5 \text{ metros}$$

#### 2.6.4.2 PARALELISMOS

En el Apartado 5.6.2 de la ITC-LAT 07, especifica que siempre que sea posible, se evitará la construcción de líneas paralelas de transporte o de distribución de energía eléctrica a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto, entre las trazas de los conductores más próximos.

Con lo cual, al ser la altura del apoyo más alto de 67 metros, se evitará el paralelismo a una distancia inferior a:

$$\text{Distancia paralelismo} = 1,5 \cdot 67 = 100,5 \text{ metros}$$

Las líneas paralelas que discurren a lo largo del recorrido incumplen esta norma, con lo cual podremos calcular una separación inferior a la prescrita en el Apartado 5.4.1, considerando los valores de  $K$ ,  $K'$ ,  $L_{cad}$ ,  $f_{m\acute{a}x}$ , y  $D_{pp}$  de la línea de mayor tensión, que para nuestro caso siempre es la nuestra.

Utilizaremos el dato proporcionado por la distancia entre conductores por viento que es 7,064 metros. En este caso se cumple a lo largo de toda la línea con otras de 20, 45 y 220 kV:

Apoyos afectados	Distancia (m)
<b>2</b>	203
<b>3</b>	150
<b>4</b>	167

#### 2.6.5 DISTANCIA A CARRETERAS

Si la línea se va a emplazar próxima a una carretera se tendrán en cuenta las consideraciones especificadas en el Apartado 5.7 de la ITC-LAT 07. Para la Red de Carreteras del Estado, la

instalación de apoyos se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado de la arista exterior de la calzada.

La zona de afección, comprende una distancia de 100 metros desde la arista exterior de la explanación en el caso de autopistas, autovías y vías rápidas, y 50 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado.

Consideraremos el apoyo más alto de la línea:

$$\text{Distancia mínima} = 1,5 \cdot 67 = 100,5 \text{ metros}$$

Comprobaremos la correcta posición de los apoyos afectados

Apoyos afectados	Distancia (m)
2	203
3	150
4	167
5	163
6	131
7	101
8	102
9	105
10	255
11	230
12	110
13	299
40	202
41	264
42	165
43	42
44	45
45	70

Apoyos afectados	Distancia (m)
54	125
55	121
58	147
63	197
80	83
81	93
82	187
92	111
98	144
126	76
127	110

Los apoyos coloreados en rojo están contraviniendo el reglamento con la carretera NA-128 (apoyos 43 y 45), la autopista AP-15 (44, 80 y 81). Al tratarse de apoyos situados en zonas no permitidas, la organización administrativa competente lo habrá permitido bajo petición excepcional.

#### 2.6.5.1 CRUZAMIENTOS

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

$$D_{add} + D_{el} = 7,5 + D_{el}$$

Con una distancia mínima de 7 metros.

Para nuestra línea, la distancia de los conductores en su cruce con la carretera quedará:

$$D_{add} + D_{el} = 7,5 + 2,8 = 10,3 \text{ metros}$$

#### 2.6.6 DISTANCIA A FERROCARRILES ELECTRIFICADOS

Según el Apartado 5.8 de la ITC-LAT 07, para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la red ferroviaria de interés general se establece la línea límite de edificación desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de edificación, reconstrucción o ampliación.
- La línea límite de edificación es la situada a 50 metros de la arista exterior de la explanación, medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea. No se autorizará la instalación de apoyos dentro de la superficie afectada por la línea límite de edificación.
- La línea límite de la zona de protección es la situada a 70 metros de la arista exterior de la explanación, medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea.
- En los cruzamientos no se podrán instalar los apoyos a una distancia de la arista exterior de la explanación inferior a vez y media la altura del apoyo.

Consideraremos el apoyo más alto de la línea:

$$\text{Distancia mínima} = 1,5 \cdot 67 = 100,5 \text{ metros}$$

Como no existen paralelismos, solo haremos la comprobación de la correcta situación de os apoyos:

Apoyos afectados	Distancia (m)
<b>42</b>	152
<b>43</b>	157
<b>125</b>	495
<b>126</b>	86

El apoyo 126 está contraviniendo el reglamento con la línea de ferrocarril Zaragoza-Alsasua, con lo que se habrán tomado medidas excepcionales permitidas por el órgano de la Administración competente.

#### 2.6.6.1 CRUZAMIENTOS

La distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, según las hipótesis del Apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, sobre el conductor más alto de todas las líneas de ferrocarril será de:

$$D' = D_{add} + D_{el} = 3,5 + D_{el}$$

Con un mínimo de 4 metros.

Para nuestro caso, la distancia mínima vertical será de:

$$D' = D_{add} + D_{el} = 3,5 + 2,8 = 6,3 \text{ metros}$$

## 2.6.7 DISTANCIAS A RÍOS Y CANALES

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, la instalación de apoyos se realizará a una distancia de 25 metros y, como mínimo, vez y media la altura de los apoyos, desde el borde del cauce fluvial correspondiente al caudal de la máxima avenida.

Para nuestro caso utilizaremos el apoyo de mayor altura:

$$\text{Distancia mínima} = 1,5 \cdot 67 = 100,5 \text{ metros}$$

La comprobación de la correcta situación de la línea es la siguiente:

Apoyos afectados	Distancia (m)
<b>2</b>	123
<b>3</b>	305
<b>39</b>	431
<b>40</b>	175
<b>95</b>	46
<b>96</b>	19
<b>97</b>	18
<b>98</b>	55

En lo relativo a los apoyos 95, 96, 97 y 98, las distancias no cumplen con la normativa debido a que se tratan de los apoyos situados cerca del Canal de Navarra; infraestructura construida después de la línea y carente de ser utilizada en este apartado por ser de distribución de agua.

### 2.6.7.1 CRUZAMIENTOS

En los cruzamientos con ríos y canales, la distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar esta será, para nuestra línea:

Para el río Ebro:

$$D_{add} + D_{el} + H_{\text{max. río}} = 2,3 + 2,8 + 3 = 8,1 \text{ metros}$$



Para el río Aragón:

$$D_{add} + D_{el} + H_{\max. \text{ río}} = 2,3 + 2,8 + 2 = 7,1 \text{ metros}$$

Para el Canal de Navarra:

$$D_{add} + D_{el} + H_{\max. \text{ canal}} = 2,3 + 2,8 + 1 = 6,1 \text{ metros}$$

## 2.6.8 PASO POR ZONAS

En general, para las líneas eléctricas aéreas con conductores desnudos se define la zona de servidumbre como la franja de terreno definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos, considerados éstos y sus cadenas de aisladores en las condiciones más desfavorables, sin contemplar distancia alguna adicional.

En las diferentes comprobaciones que se van a exponer, las distancias son muy grandes como para comprobar la zona de servidumbre, ya que a lo largo de la línea no ha hecho falta construir o calcularla por encontrarse a una distancia segura.

### 2.6.8.1 BOSQUES, ÁRBOLES Y MASAS DE ARBOLADO

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia de seguridad a ambos lados de dicha proyección:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 2,8 = 4,3 \text{ metros}$$

La comprobación de la correcta situación de la línea es la siguiente:

Apoyos afectados	Distancia (m)
<b>2 y 3</b>	387
<b>71 y 72</b>	28
<b>81 y 82</b>	95

### 2.6.8.2 EDIFICIOS, CONSTRUCCIONES Y ZONAS URBANAS

Se evitará el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos en terrenos clasificados como suelo urbano. Sin embargo si la situación lo requiriese, la legislación permite la instalación de líneas eléctricas de este tipo siguiendo una serie de normas.

No se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia mínima de seguridad a ambos lados:

$$D_{add} + D_{el} = 3,3 + 2,8 = 6,1 \text{ metros}$$

La comprobación de la correcta situación de la línea es la siguiente:

Apoyos afectados	Distancia (m)
<b>12 y 13</b>	174

### 2.6.8.3 PROXIMIDAD A PARQUES EÓLICOS

Por motivos de seguridad de las líneas eléctricas aéreas de conductores desnudos, no se permite la instalación de nuevos aerogeneradores en la franja de terreno definida por la zona de servidumbre de vuelo incrementada en la altura total del aerogenerador, incluida la pala, más 10 metros.

En el único parque eólico que atraviesa la línea, los aerogeneradores miden 40 metros y sus palas 20 metros, por lo que calculando la distancia quedaría:

$$H_{aero} + L_{pala} + 10 = 40 + 20 + 10 = 70 \text{ metros}$$

La comprobación de la correcta situación de los apoyos y de la línea que transcurre por ellos es la siguiente:

Apoyos afectados	Distancia (m)
<b>70 y 71</b>	124
<b>73</b>	143
<b>113</b>	145
<b>124</b>	118

### 2.6.9 ALTURA LIBRE DE LOS APOYOS

Para asegurar que en todo el trazado de la línea se cumplen las distancias mínimas al terreno, se debe de comprobar la altura de los apoyos mediante la utilización de las curvas de la catenaria para flecha máxima junto con el perfil del terreno.

En esta línea, las irregularidades del terreno entre apoyos son prácticamente nulas, ya que el terreno por el que discurre la línea es en casi su totalidad una llanura. Si existe desnivel es debido a que los apoyos suelen estar situados en puntos elevados del terreno. En el caso de

cruzamientos con otras líneas eléctricas, se ha decidido dimensionar los apoyos con su altura máxima por motivos específicos de la compañía.

No obstante, se han tenido en cuenta las demás distancias verticales antes calculadas y se ha añadido un metro más de seguridad que tiene en cuenta las imprecisiones de cálculo y la deformación plástica de los conductores a lo largo de la vida útil de la línea. Por lo tanto el cálculo de altura libre será el siguiente:

$$H_{libre} = L_{cad} + f_{máx. temperatura} + D_{conductor-terreno} + 1$$

Las alturas mínimas calculadas son las siguientes:

Nº APOYO	ALTURA LIBRE CALCULADA	ALTURA LIBRE NORMALIZADA	ALTURA TOTAL APOYO	TIPO APOYO
1	10,930	24,000	46,000	42A4 (FL)
2	10,930	24,000	46,000	42A4
3	44,000	44,000	66,000	42A2
4	48,000	48,000	67,000	42S1
5	24,824	28,000	47,000	42S1
6	21,254	24,000	46,000	42A3
7	44,000	44,000	66,000	42A4
8	48,000	48,000	67,000	42S1
9	32,783	34,000	56,000	42A2
10	37,186	38,000	57,000	42S1
11	37,186	38,000	57,000	42S1
12	37,186	38,000	57,000	42S2
13	48,000	48,000	67,000	42S1
14	48,000	48,000	67,000	42S2
15	37,186	38,000	57,000	42S2
16	37,186	38,000	57,000	42S1
17	37,186	38,000	57,000	42S2
18	37,186	38,000	57,000	42S1
19	33,616	34,000	56,000	42A3
20	31,645	33,000	52,000	42S1
21	31,645	33,000	52,000	42S2

Nº APOYO	ALTURA LIBRE CALCULADA	ALTURA LIBRE NORMALIZADA	ALTURA TOTAL APOYO	TIPO APOYO
22	31,645	33,000	52,000	42S1
23	31,645	33,000	52,000	42S1
24	31,645	33,000	52,000	42S2
25	31,645	33,000	52,000	42S1
26	31,645	33,000	52,000	42S2
27	28,075	29,000	51,000	42A3
28	31,153	33,000	52,000	42S2
29	31,153	33,000	52,000	42S1
30	31,153	33,000	52,000	42S2
31	31,153	33,000	52,000	42S1
32	31,153	33,000	52,000	42S1
33	31,153	33,000	52,000	42S1
34	31,153	33,000	52,000	42S1
35	31,153	33,000	52,000	42S2
36	31,153	33,000	52,000	42S2
37	27,583	29,000	51,000	42A3
38	32,296	33,000	52,000	42S1
39	32,296	33,000	52,000	42S1
40	28,726	29,000	51,000	42A2
41	32,296	33,000	52,000	42S1
42	44,000	44,000	66,000	42A3
43	44,000	44,000	66,000	42A2
44	39,000	39,000	61,000	42A3
45	39,000	39,000	61,000	42A3
46	39,000	39,000	61,000	42A3
47	36,955	38,000	57,000	42S2
48	36,955	38,000	57,000	42S2
49	36,955	38,000	57,000	42S2
50	33,385	34,000	56,000	42A3

Nº APOYO	ALTURA LIBRE CALCULADA	ALTURA LIBRE NORMALIZADA	ALTURA TOTAL APOYO	TIPO APOYO
51	32,268	33,000	52,000	42S1
52	32,268	33,000	52,000	42S2
53	28,698	29,000	51,000	42A3
54	33,140	38,000	57,000	42S1
55	33,140	38,000	57,000	42S1
56	33,140	38,000	57,000	42S1
57	33,140	38,000	57,000	42S1
58	33,140	38,000	57,000	42S2
59	33,140	38,000	57,000	42S2
60	33,140	38,000	57,000	42S2
61	33,140	38,000	57,000	42S2
62	29,570	34,000	56,000	42A2
63	30,607	33,000	52,000	42S1
64	30,607	33,000	52,000	42S1
65	48,000	48,000	67,000	42S1
66	48,000	48,000	67,000	42S1
67	30,607	33,000	52,000	42S2
68	30,607	33,000	52,000	42S2
69	30,607	33,000	52,000	42S1
70	27,037	29,000	51,000	42A3
71	34,553	38,000	57,000	42S1
72	34,553	38,000	57,000	42S2
73	34,553	38,000	57,000	42S2
74	34,553	38,000	57,000	42S2
75	30,983	34,000	56,000	42A2
76	48,000	48,000	67,000	42S2
77	39,000	39,000	61,000	42A3
78	26,513	28,000	47,000	42S1
79	22,943	24,000	46,000	42A3

Nº APOYO	ALTURA LIBRE CALCULADA	ALTURA LIBRE NORMALIZADA	ALTURA TOTAL APOYO	TIPO APOYO
80	48,000	48,000	67,000	42S1
81	39,000	39,000	61,000	42A3
82	39,000	39,000	61,000	42A3
83	48,000	48,000	67,000	42S2
84	35,854	38,000	57,000	42S1
85	35,854	38,000	57,000	42S2
86	35,854	38,000	57,000	42S2
87	35,854	38,000	57,000	42S1
88	32,284	34,000	56,000	42A2
89	34,180	38,000	57,000	42S1
90	48,000	48,000	67,000	42S2
91	39,000	39,000	61,000	42A3
92	32,917	33,000	52,000	42S1
93	35,117	38,000	57,000	42S1
94	32,917	33,000	52,000	42S2
95	32,917	33,000	52,000	42S1
96	32,917	33,000	52,000	42S2
97	32,917	33,000	52,000	42S2
98	31,547	34,000	56,000	42A2
99	39,460	43,000	62,000	42S1
100	39,460	43,000	62,000	42S2
101	39,460	43,000	62,000	42S1
102	39,460	43,000	62,000	42S2
103	39,460	43,000	62,000	42S2
104	39,460	43,000	62,000	42S2
105	39,460	43,000	62,000	42S1
106	39,460	43,000	62,000	42S2
107	44,000	44,000	66,000	42A4
108	39,000	39,000	61,000	42A3

Nº APOYO	ALTURA LIBRE CALCULADA	ALTURA LIBRE NORMALIZADA	ALTURA TOTAL APOYO	TIPO APOYO
109	36,009	38,000	57,000	42S1
110	36,009	38,000	57,000	42S2
111	36,009	38,000	57,000	42S1
112	36,009	38,000	57,000	42S1
113	32,439	34,000	56,000	42A2
114	36,009	38,000	57,000	42S2
115	36,009	38,000	57,000	42S2
116	36,009	38,000	57,000	42S1
117	36,009	38,000	57,000	42S2
118	36,009	38,000	57,000	42S2
119	36,009	38,000	57,000	42S2
120	36,009	38,000	57,000	42S1
121	36,009	38,000	57,000	42S2
122	36,009	38,000	57,000	42S2
123	32,439	34,000	56,000	42A4
124	48,000	48,000	67,000	42S1
125	44,000	44,000	66,000	42A2
126	44,000	44,000	66,000	42A2
127	44,000	44,000	66,000	42A3
128	15,089	24,000	46,000	42A2
129	15,089	24,000	46,000	42A4 (FL)

## 2.7 CÁLCULO DE CIMENTACIONES

Para el cálculo de las cimentaciones se seguirá lo estipulado en la ITC-LAT 07 con el objetivo de que las cimentaciones puedan absorber las cargas de compresión y arranque a las que serán sometidas. El método aplicado es el del talud natural.

Como garantía del cálculo se comprobará que el coeficiente de seguridad al vuelco no sea inferior a 1,5 en hipótesis normales y 1,2 en hipótesis anormales. Éste se calcula como el cociente entre el momento estabilizador mínimo respecto a la arista más cargada y el momento volcador máximo motivado por fuerzas externas (dependientes de la hipótesis considerada).

Estudiaremos la cimentación elegida para la línea de “pata de elefante”.

### 2.7.1 COMPROBACIÓN AL ARRANQUE

Se considerarán las siguientes fuerzas oponiéndose al arranque:

- Peso del apoyo (al ser cimentación fraccionada, se considerará ¼ del peso)
- Peso de la cimentación
- Peso de las tierras que gravitan sobre la pata.
- Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado.

No hace falta considerar la carga resistente de los pernos, puesto que no es una cimentación mixta o en roca. Teniendo en cuenta lo anterior, el esfuerzo estabilizador queda:

$$P_e = \frac{1}{4} \cdot P_a + P_h + P_\beta + P_t$$

Donde,

$P_a$ : Peso del apoyo ( $daN$ )

$P_h$ : Peso del hormigón ( $daN$ )

$P_t$ : Peso de las tierras desplazadas ( $daN$ )

El peso del hormigón se obtiene a partir del dato de volumen que facilita el fabricante (FUNTAM) y el peso específico del hormigón.

$$P_h = \delta_h \cdot V_h$$

Donde,

$\delta_h$ : Peso específico del hormigón ( $2157,463 daN/m^3$ )

$V_h$ : Volumen del hormigón ( $m^3$ )



$h_p$ : Altura del prisma inferior ( $m$ )

$D$ : Diámetro base inferior ( $m$ )

$d$ : Diámetro base superior ( $m$ )

El peso de las tierras arrancadas se obtiene de la expresión siguiente:

$$P_t = \delta_t \cdot \left[ H \cdot \frac{D^2}{4} - \frac{P_h}{\delta_h} \right]$$

Donde,

$\delta_t$ : Peso específico de las tierras desplazadas ( $1569,064 \text{ daN/m}^3$ )

$H$ : Profundidad de la cimentación ( $m$ )

$D$ : Diámetro de la base inferior ( $m$ )

$P_h$ : Peso del hormigón ( $\text{daN}$ )

$\delta_h$ : Peso específico del hormigón ( $\text{daN/m}^3$ )

Por otro lado, para el cálculo del peso de las tierras arrancadas según el ángulo natural del terreno utilizaremos esta expresión:

$$P_\beta = \delta_t \cdot \left[ \pi \cdot \frac{H}{3} \cdot \left[ \left( \frac{D}{2} + H \cdot \tan \beta \right)^2 + \frac{D}{2} \cdot \left( \frac{D}{2} + H \cdot \tan \beta \right) + \left( \frac{D}{2} \right)^2 \right] - \pi \cdot H \cdot \frac{D^2}{4} \right]$$

Donde,

$\delta_t$ : Peso específico de las tierras desplazadas ( $1569,064 \text{ daN/m}^3$ )

$H$ : Profundidad de la cimentación ( $m$ )

$D$ : Diámetro de la base inferior ( $m$ )

$\beta$ : Ángulo natural del terreno

El ángulo de arranque se supondrá de  $30^\circ$ , como aconseja el reglamento.

A continuación, se calculan los datos:

TIPO DE APOYO	ALTURA LIBRE (m)	$P_a$ (daN)	$P_h$ (daN)	$P_t$ (daN)	$P_\beta$ (daN)	$P_e$ (daN)
42S1	23	13714	15102,241	1800,59901	262909,087	279639,229
	28	15579				280105,479
	33	17685				280631,979
	38	20003				281211,479
	43	22501				281835,979
	48	26398				282810,229
42S2	23	14123	15102,241	1800,59901	262909,087	279741,479
	28	15988				280207,729
	33	18094				280734,229
	38	20412				281313,729
	43	22910				281938,229
	48	26807				282912,479
42A2	24	18359	20711,645	1521,74691	350123,464	373903,112
	29	20833				374521,612
	34	23385				375159,612
	39	26332				375896,362
	44	29493				376686,612
42A3	24	27391	33656,423	345,9295788	529291,031	570141,133
	29	30951				571031,133
	34	34607				571945,133
	39	38460				572908,383
42A4	24	37661	53936,575	-2484,46574	660485,254	721352,613
	29	42988				722684,363
	34	48306				724013,863
	39	53647				725349,113
	44	59188				726734,363
42A4 (F.L.)	24	35769	53936,575	-2484,46574	660485,254	720879,613
	29	41153				722225,613
	34	46707				723614,113
	39	52280				725007,363
	44	57976				726431,363

## 2.7.2 COMPROBACIÓN A COMPRESIÓN

Se considerarán las siguientes fuerzas de compresión:

- Peso del apoyo (al ser cimentación fraccionada, se considerará ¼ del peso).
- Peso de la cimentación.
- Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación.
- Compresión ejercida por el apoyo.

En este punto se comprobará que la presión (fuerza por unidad de área) de las cargas anteriores no sobrepasa la carga admisible límite del terreno. Se tomará un valor de 3  $daN/cm^3$ . Entonces:

$$\sigma_{adm} \geq \frac{P_h + C_{max}}{S}$$

Donde,

$P_h$ : Peso del hormigón ( $daN$ )

$S$ : Superficie de la base del macizo ( $cm^2$ )

$C_{max}$ : Compresión máxima del montaje ( $daN$ )

$$C_{max} = \frac{F \cdot (H_t + b)}{2 \cdot C_{patas}} + \frac{F_v + P_a}{4}$$

$F$ : Esfuerzo nominal del apoyo ( $daN$ )

$H_t$ : Altura libre ( $m$ )

$b$ : Separación entre crucetas ( $m$ )

$C_{patas}$ : Separación entre patas ( $m$ )

$P_a$ : Peso del apoyo ( $daN$ )

$F_v$ : Carga vertical total sobre el apoyo ( $daN$ )

El peso del hormigón se calculará de la misma manera que en el apartado anterior

A continuación, se calculan los datos:

TIPO DE APOYO	ALTURA LIBRE (m)	$P_a$ (daN)	$P_h$ (daN)	$S$ (cm <sup>2</sup> )	$C$ (daN)	$\sigma_{adm}$ (daN)
42S1	23	13714	15102,241	60025	49326,589	1,073
	28	15579			56059,466	1,186
	33	17685			62852,593	1,299
	38	20003			69698,721	1,413
	43	22501			76589,848	1,528
	48	26398			83830,725	1,648
42S2	23	14123	15102,241	60025	50301,722	1,090
	28	15988			57175,387	1,204
	33	18094			64109,302	1,320
	38	20412			71096,217	1,436
	43	22910			78128,132	1,553
	48	26807			85509,797	1,676
42A2	24	18359	20711,645	81225	62950,979	0,961
	29	20833			71916,936	1,071
	34	23385			80902,394	1,182
	39	26332			89986,602	1,294
	44	29493			99124,309	1,406
42A3	24	27391	33656,423	133225	117509,139	0,995
	29	30951			134913,028	1,126
	34	34607			152340,917	1,257
	39	38460			169818,056	1,388
42A4	24	37661	53936,575	189225	182401,216	1,044
	29	42988			209991,711	1,190
	34	48306			237579,956	1,335
	39	53647			265173,950	1,481
	44	59188			292817,945	1,627
42A4 (F.L.)	24	35769	53936,575	189225	38495,979	0,283
	29	41153			43689,436	0,311
	34	46707			48925,394	0,338
	39	52280			54166,102	0,366
	44	57976			59437,559	0,394

### 2.7.3 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LAS CIMENTACIONES

TIPO DE APOYO	ALTURA LIBRE (m)	PESO (daN)	H (m)	h (m)	d (m)	D (m)	$V_h (m^3)$
42S1	23	13714	3,9	1,1	1,25	2,45	7
	28	15579					
	33	17685					
	38	20003					
	43	22501					
	48	26398					
42S2	23	14123	3,9	1,1	1,25	2,45	7
	28	15988					
	33	18094					
	38	20412					
	43	22910					
	48	26807					
42A2	24	18359	4,25	1,3	1,35	2,85	9,6
	29	20833					
	34	23385					
	39	26332					
	44	29493					
42A3	24	27391	4,75	1,5	1,55	3,65	15,6
	29	30951					
	34	34607					
	39	38460					
42A4	24	37661	4,95	1,7	1,95	4,35	25
	29	42988					
	34	48306					
	39	53647					
	44	59188					
42A4 (F.L.)	24	35769	4,95	1,7	1,95	4,35	25
	29	41153					
	34	46707					
	39	52280					
	44	57976					

## 2.8 PUESTA A TIERRA DE APOYOS

Los apoyos se clasifican en lo relativo a puestas a tierra como frecuentados o no frecuentados. La puesta a tierra se diseña en función de esta clasificación, de manera más estricta para apoyos frecuentados:

- Apoyo frecuentado
  - Actuación del sistema de puesta a tierra
  - Cumplir la tensión de contacto admisible
  - Dimensionamiento ante efectos de rayo
- Apoyo no frecuentado
  - Actuación correcta de las protecciones

Según las especificaciones de la empresa instaladora (REE), todos los apoyos son puestos a tierra por medio de anillos cerrados de varilla de acero descarburado, sin distinción de ser frecuentados o no frecuentados. Existe una puesta a tierra por apoyo, que tiene como función básica trasladar al suelo la sobrecarga que supone la caída de un rayo sobre un apoyo o el cable de tierra. Para lo cual este último distribuye, a los apoyos próximos al punto de caída, el rayo, descargando a tierra a través de cada uno de ellos.

El Reglamento de 1968 sobre el que está diseñada esta línea, exige que en zonas frecuentadas, la resistencia de difusión de la puesta a tierra de los apoyos no sea superior a 20 ohmios. En el presente caso se han estudiado las tomas de tierra para que este valor no supere los 10 ohmios, utilizando para ello anillos cerrados con lo que la distribución del potencial sobre el terreno es más uniforme.

Para apoyos situados en zonas frecuentadas, al primer anillo se añade un segundo situado a 1,2 metros del primero y a una profundidad de 1 metro, con objeto de uniformizar la distribución de potencial y disminuir por tanto el potencial de paso, incrementando ostensiblemente las normas de seguridad.

Como ya está descrito, el dimensionado de la puesta a tierra depende totalmente de las especificaciones técnicas de REE y por lo tanto no es posible analizarlo.



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

ESTUDIO DE LA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN DE DOBLE  
CIRCUITO CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA

PLANOS

David Sánchez Labiano

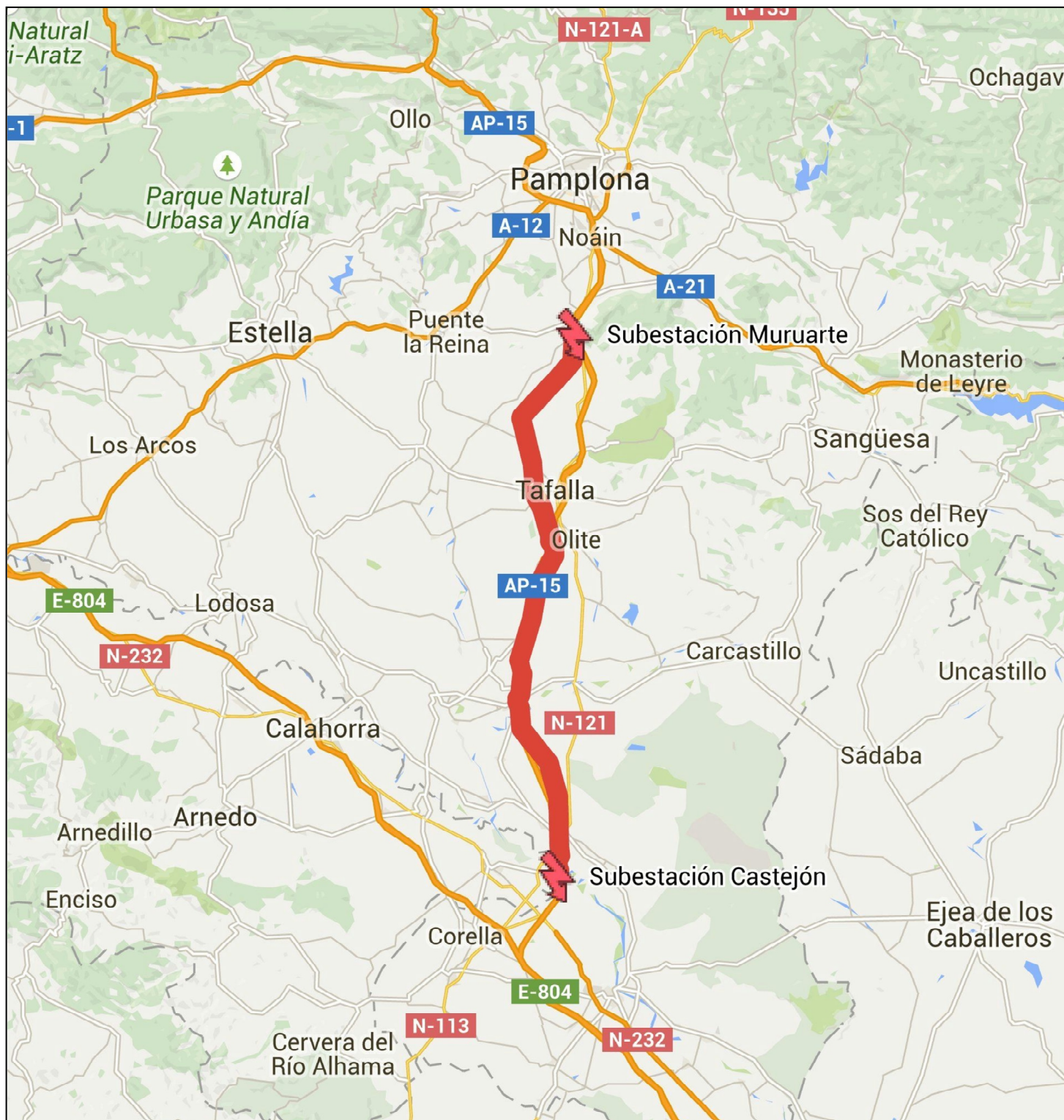
Vicente Senosiain Miquélez

Pamplona, 24 de Julio de 2015

## ÍNDICE PLANOS

<b>PLANOS DE LA LÍNEA</b>	<b>185</b>
Emplazamiento de la línea	185
Perfil y planta de la línea (Anexo de planos)	186
<b>APOYOS DE LA LÍNEA</b>	<b>187</b>
Apoyo de alineación 42S1	187
Apoyo de alineación 42S2	188
Apoyo de anclaje/ángulo 42A2	189
Apoyo de anclaje/ángulo 42A3	190
Apoyo de anclaje/ángulo 42A4	191
Apoyo de anclaje 42A4 (FL)	192
<b>CONJUNTOS DE SUSPENSIÓN Y AMARRE</b>	<b>193</b>
Conjunto suspensión LA-380	194
Conjunto amarre LA-380	195
Conjunto suspensión OPGW FO 15	196
Conjunto amarre OPGW FO 15	197
<b>CIMENTACIÓN PATA DE ELEFANTE</b>	<b>198</b>





Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**EMPLAZAMIENTO DE LA LÍNEA**

FECHA:

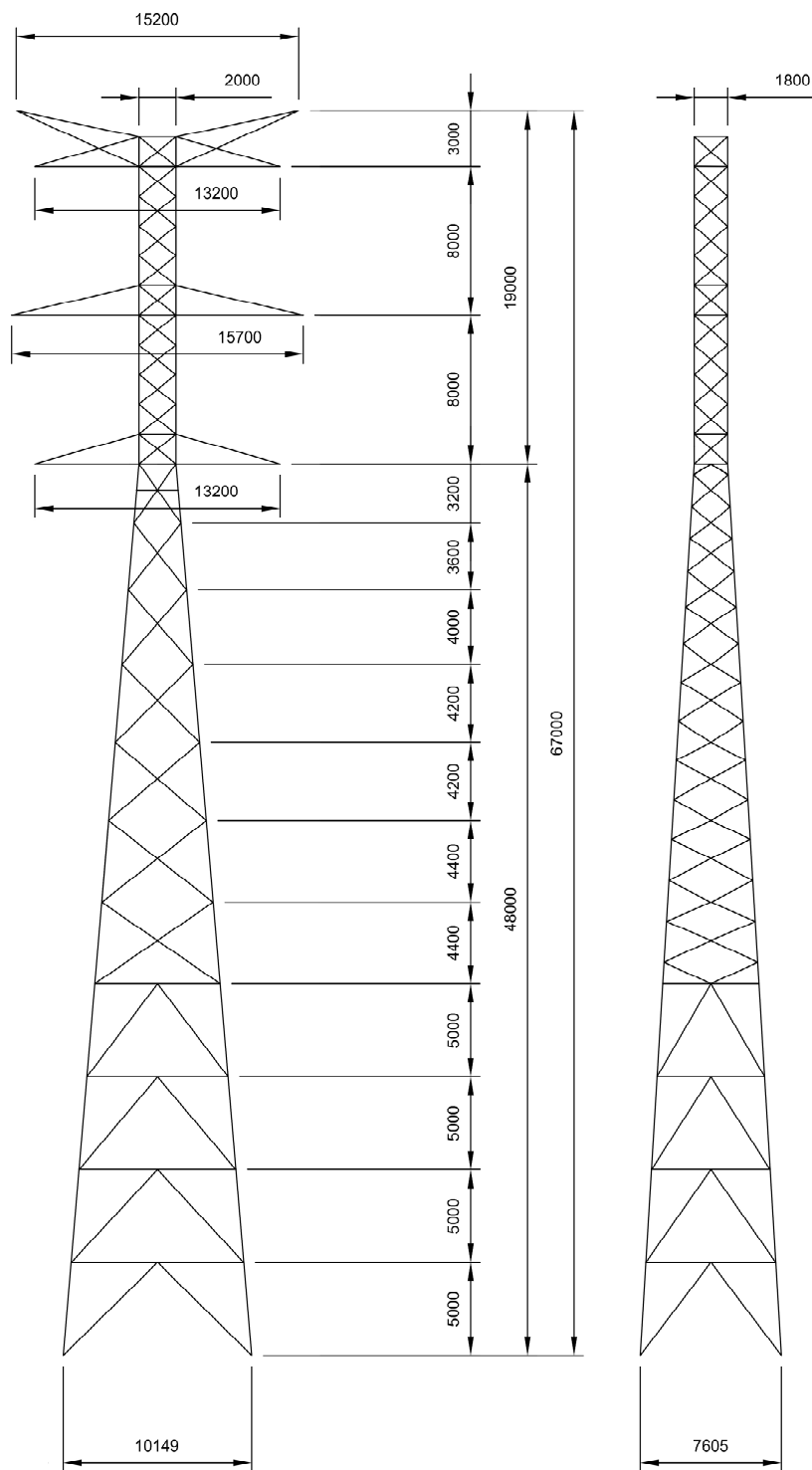
**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**1**

# PLANOS DE PERFIL Y PLANTA EN ANEXO



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**APOYO TIPO 42S1**

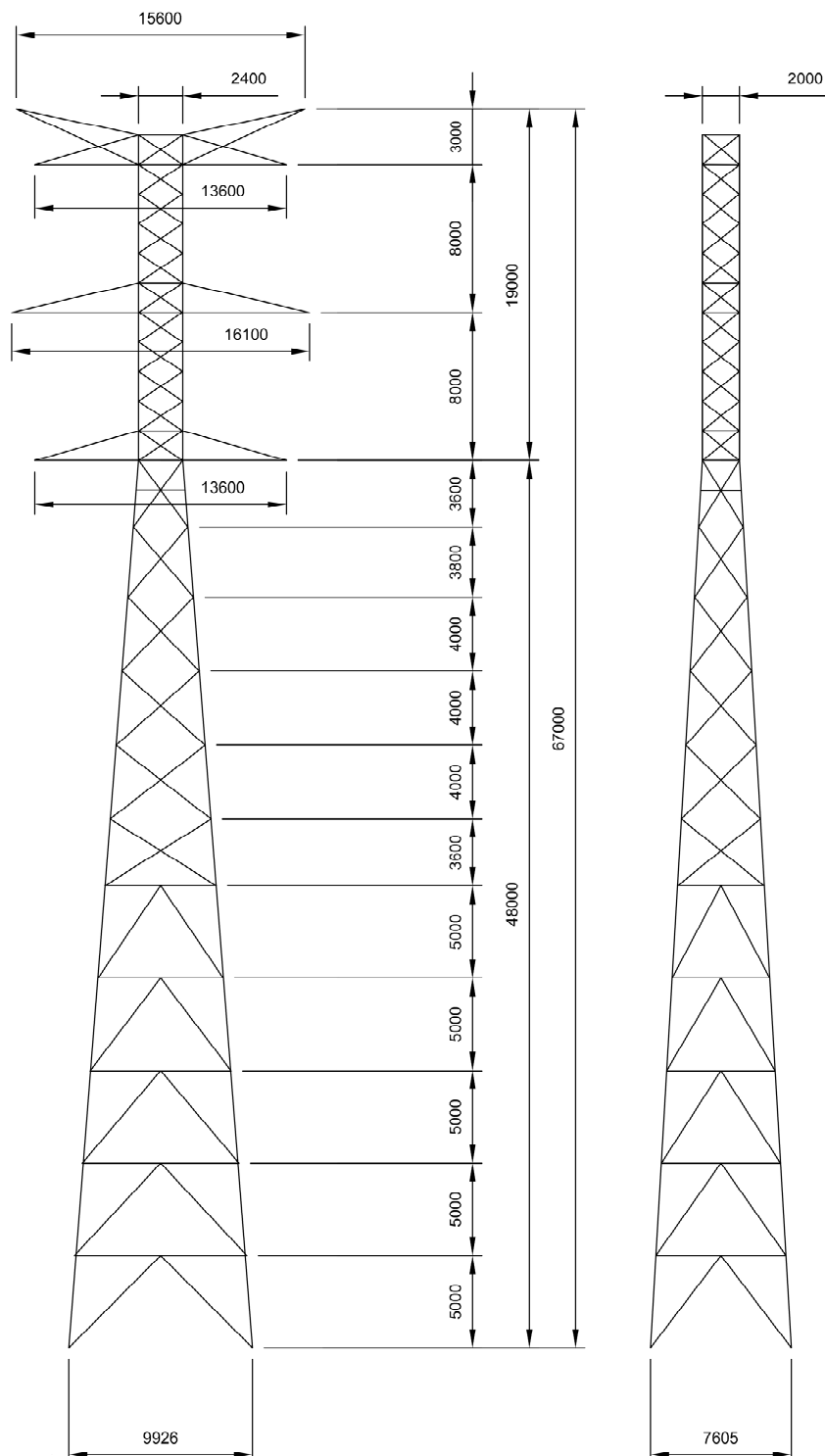
FECHA:

**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**3**



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**APOYO TIPO 42S2**

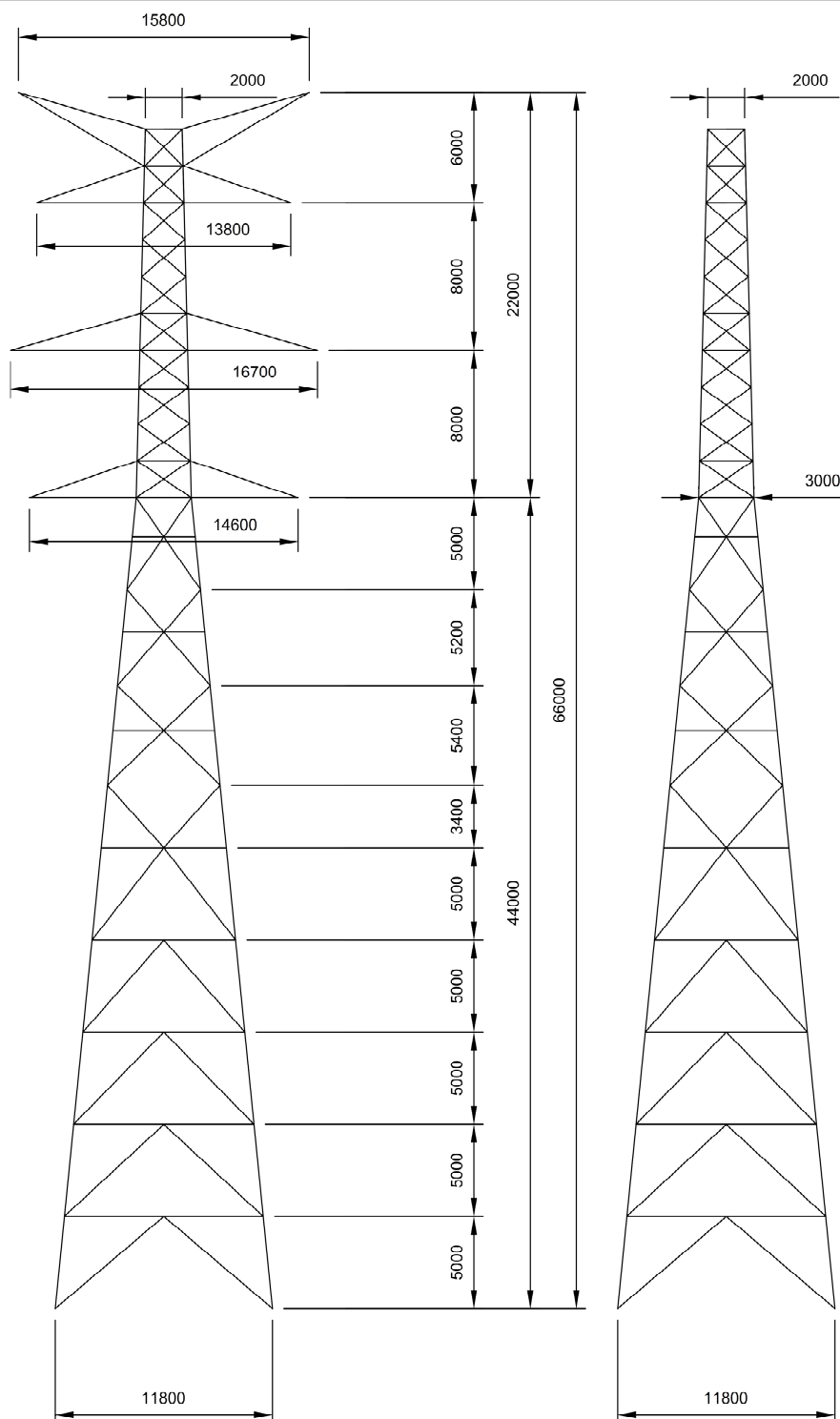
FECHA:

**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**4**



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO TÉCNICO**  
**INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**  
**Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV**  
**CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**APOYO TIPO 42A2**

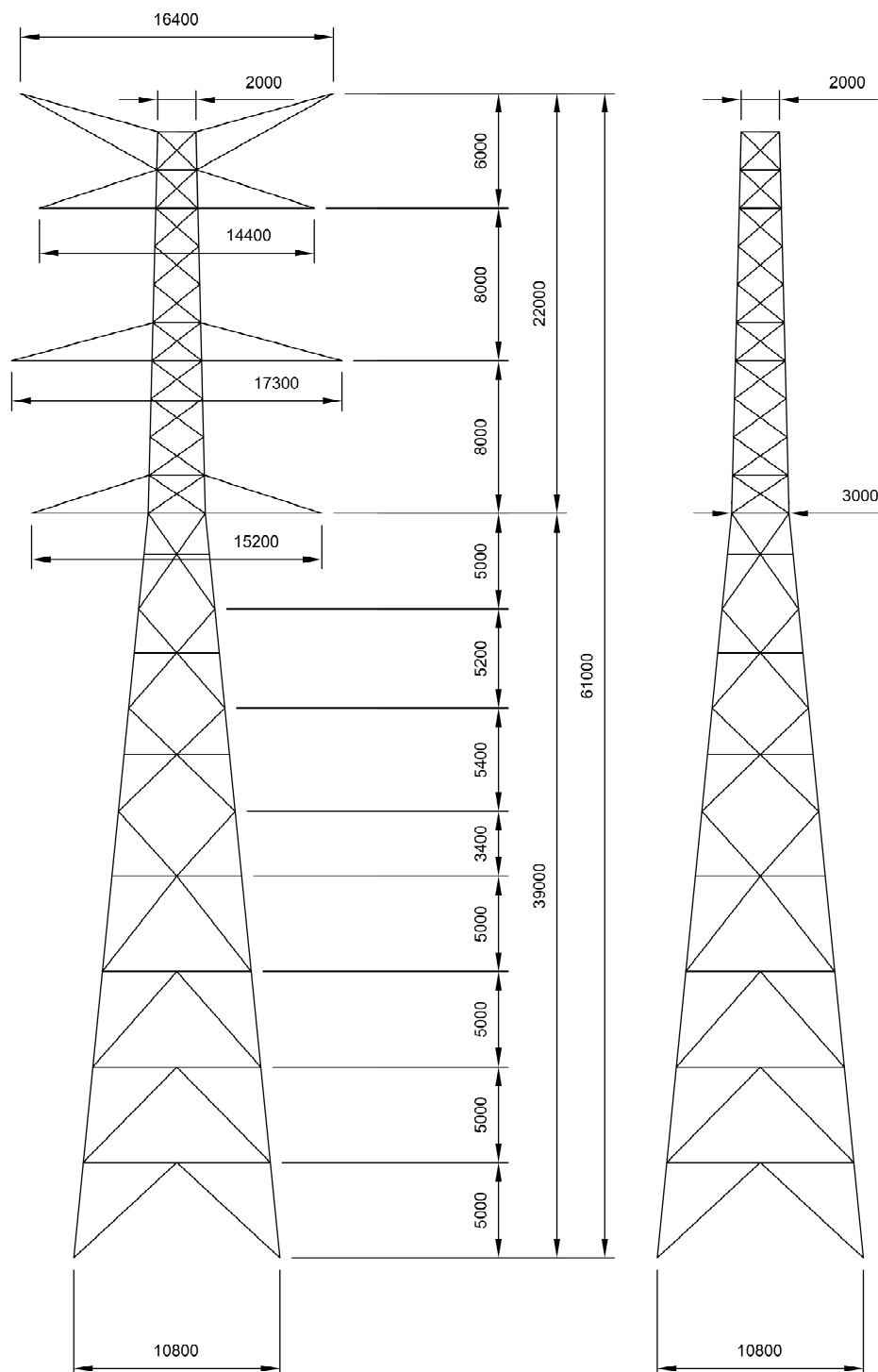
FECHA:

**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**5**



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO TÉCNICO**  
**INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**  
**Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV**  
**CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**APOYO TIPO 42A3**

FECHA:

**07/2015**

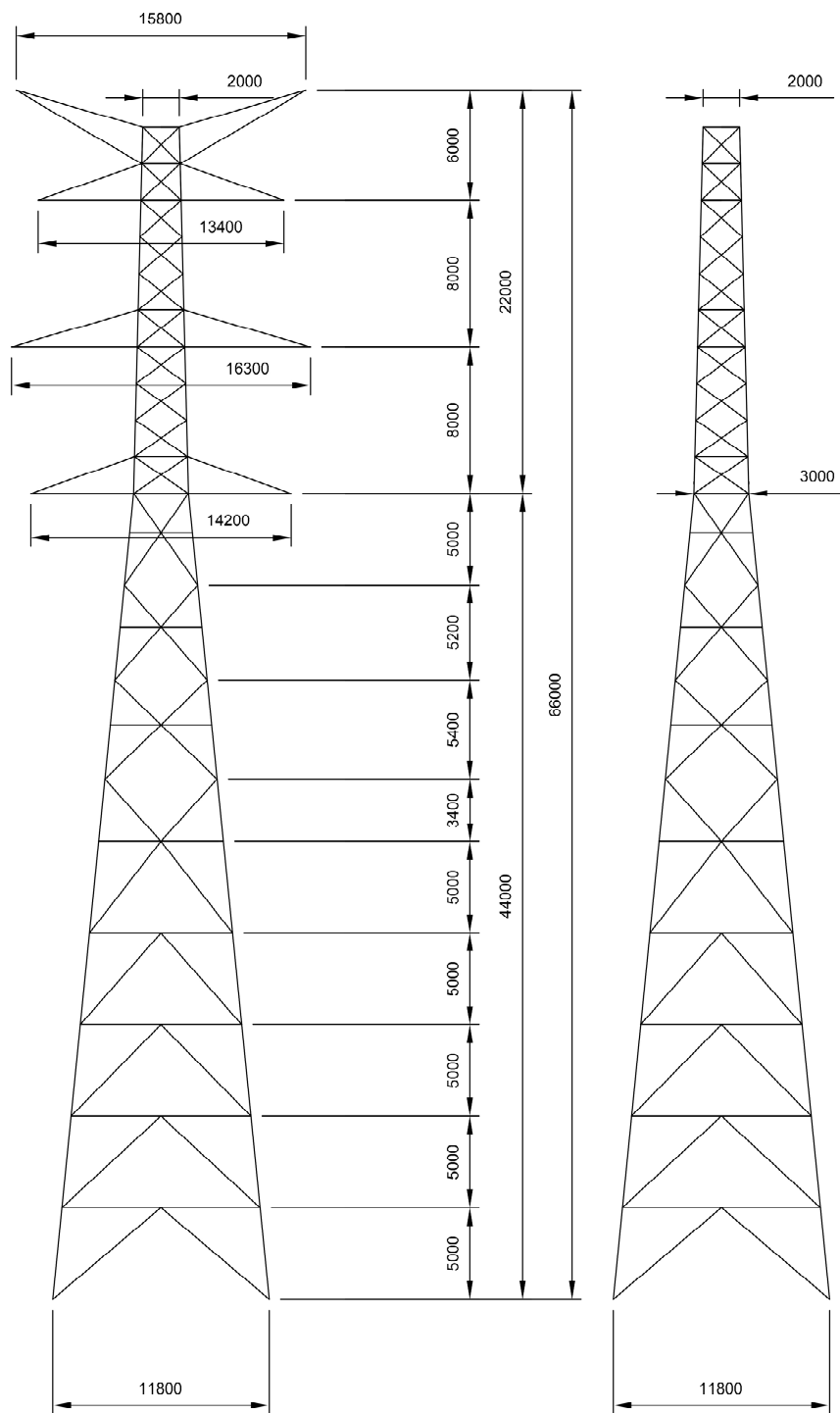
ESCALA:

Nº PLANO:

**6**







Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**APOYO TIPO 42A4 FIN DE LÍNEA**

FECHA:

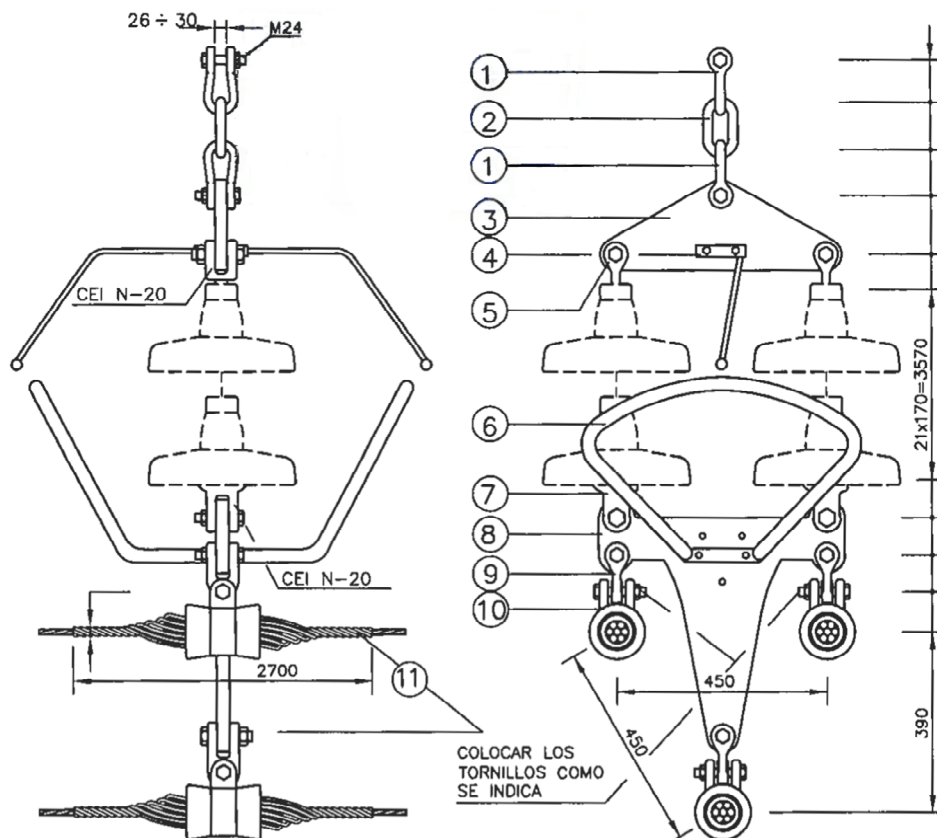
**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**8**





POS.	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	REFERENCIA	PROVEEDOR	CARGA DE ROTURA
1	GRILLETE RECTO	2	ACERO			360
2	ESLABON	1	"			360
3	YUGO SENCILLO DUPLEX	1	"			
4	DESCARGA. SUPER. REV.	2	"			
5	HORQUILLA BOLA	2	"			
6	DESCARGADOR INFERIOR	2	"			
7	ROTULA HORQUILLA	2	"			
8	YUGO DOBLE TRIPLEX	1	"			
9	HORQUI. PASTI. REVI.	3	"			
10	GRAPA SUSP. ARMADA	3	ALEAC. ALUM.			
11	VARILLAS PREFORM. AE	3	ALEAC. ALUM.			

NOTAS: CONDUCTOR - GULL  
 CARGA DE ROTURA MINIMA DE LOS HERRAJES 320 kN  
 CARGA DE ROTURA MINIMA DE LA GRAPA 79 kN  
 TODAS LAS PIEZAS DE ACERO, GALVANIZADAS  
 COTAS EN mm



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**CONJUNTO SUSPENSIÓN LA-380**

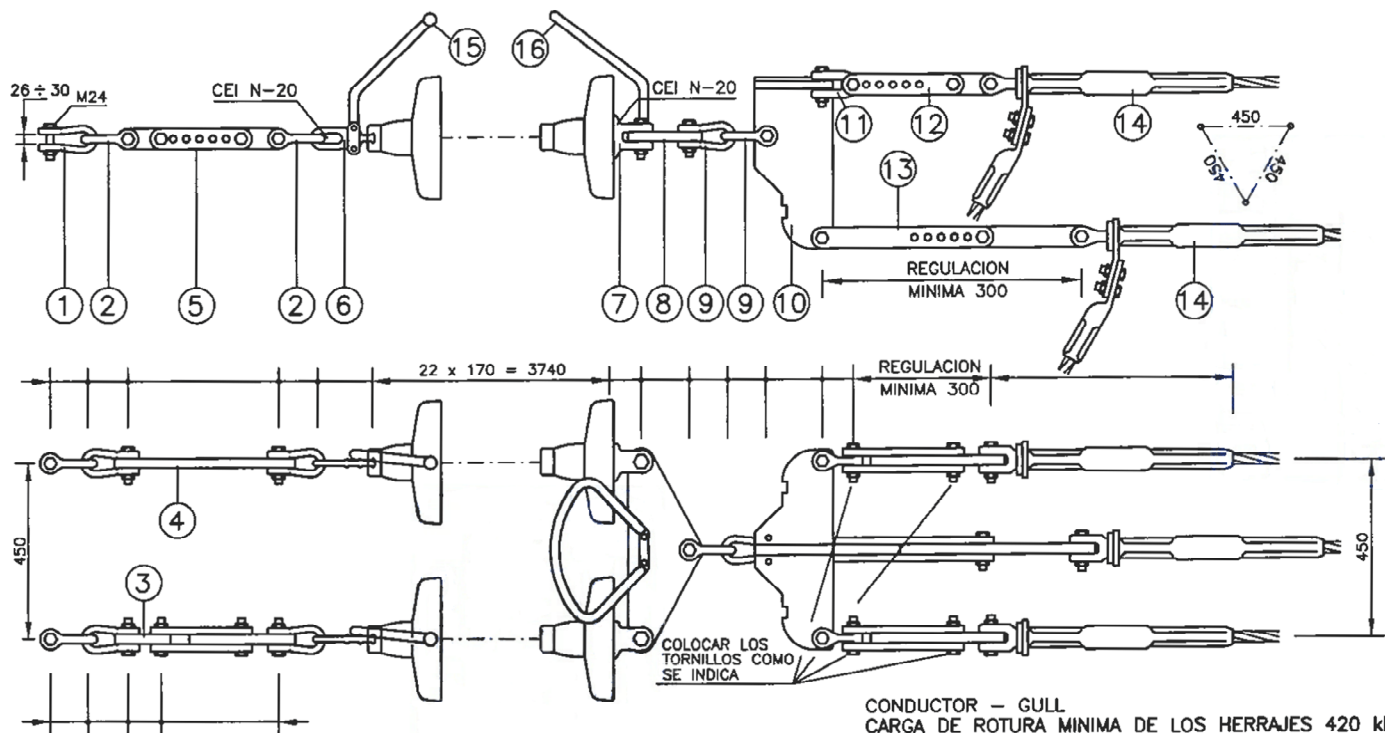
FECHA:

**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**9**



CONDUCTOR - GULL  
CARGA DE ROTURA MINIMA DE LOS HERRAJES 420 kN  
CARGA DE ROTURA MINIMA DE LA GRAPA 110 kN  
TODAS LAS PIEZAS DE ACERO, GALVANIZADAS  
COTAS EN mm

POS.	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	REFERENCIA	PROVEEDOR	CARGA DE ROTURA
1	GRILLETE RECTO	2	ACERO			
2	GRILLETE RECTO	4	"			
3	ALARGADERA	1	"			
4	ALARGADERA	1	"			
5	ALARGADERA REGULABLE	1	"			
6	ANILLA BOLA	2	"			
7	ROTULA HORQUILLA	2	"			
8	YUGO TRIANGULAR	1	"			
9	GRILLETE RECTO	2	"			
10	YUGO AMARRE TRIPLEX	1	ACERO			
11	HORQUILLA PAST. REVI.	2	"			
12	ALARGADERA REGULABLE	2	"			
13	ALARGA.REGULABLE ESP.	1	"			
14	GRAPA COMPRES.HORQUI.	3	ALUMINIO			
15	DESCARGADOR SUPERIOR	2	ACERO			
16	RAQUETA	1	"			



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**CONJUNTO AMARRE LA-380**

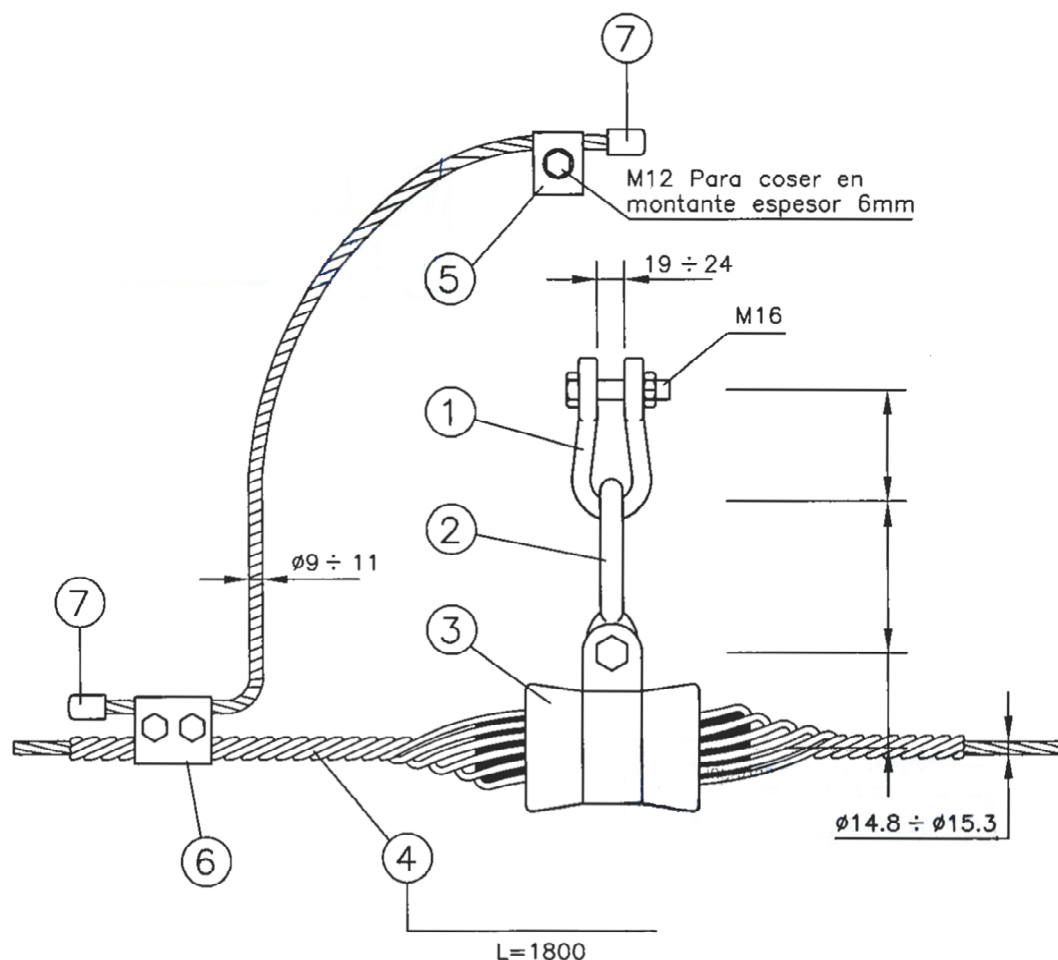
FECHA:

**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**10**



POS.	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	REFERENCIA	PROVEEDOR	CARGA DE ROTURA
1	GRILLETE RECTO	1	ACERO			
2	ESLABON REVIRADO	1	"			
3	GRAPA SUSP. ARMADA	1	ALEAC. ALUM.			
4	VARILLAS PROTECCION	1	"			
5	CONEXION SENCILLA	1	"			
6	GRAPA PARALASIMETRICA	1	"			
7	TAPON TERMINAL	2	"			

NOTAS:

CABLE - TIPO 1 (17 kA)  
 CARGA DE ROTURA MINIMA DE LOS HERRAJES 90 kN  
 CARGA DE ROTURA MINIMA DE LA GRAPA 70 kN  
 TODAS LAS PIEZAS DE ACERO, GALVANIZADAS  
 COTAS EN mm



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**CONJUNTO SUSPENSIÓN OPGW FO 15**

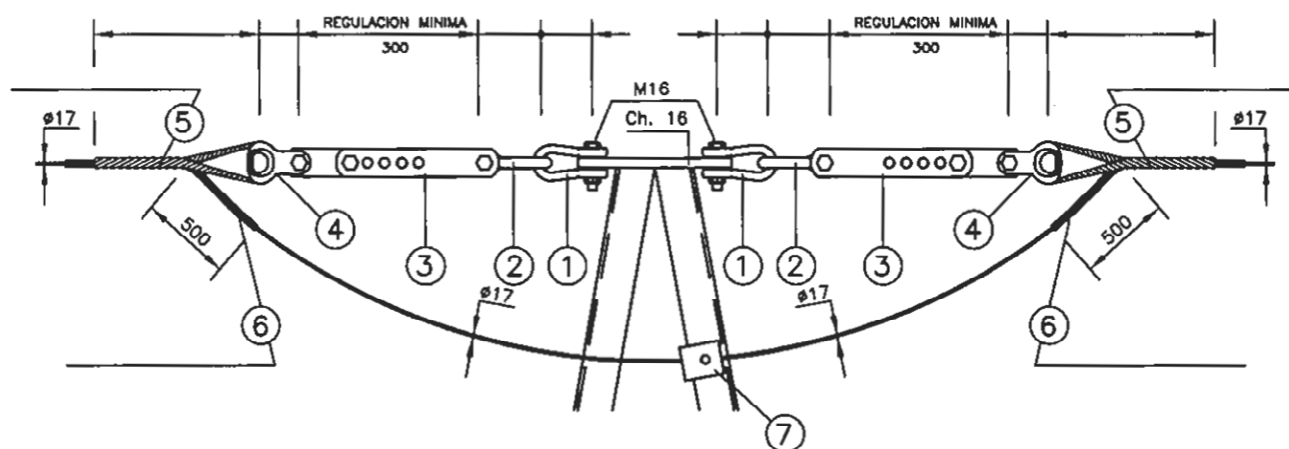
FECHA:

**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**11**



**NOTAS:**

CABLE - TIPO 2 (25 kA)

CARGA DE ROTURA MINIMA DE LOS HERRAJES 120 kN

CARGA DE LA ROTURA MINIMA DE LA RETENCION 120 kN

TODAS LAS PIEZAS DE ACERO, GALVANIZADAS

COTAS EN mm

POS.	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	REFERENCIA	PROVEEDOR	CARGA DE ROTURA
1	GRILLETE RECTO	2	ACERO			
2	ESLABON REVIRADO	2	"			
3	ALARGADERA REGULABLE	2	"			
4	HORQUILLA GUARDACABO	2	"			
5	RETENCION PREFORMADA	2	ACERO REC.AL.			
6	VARILLAS PROTECCION	2	"			
7	CONEXION BAJADA	1	ALEAC. ALUM.			



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**CONJUNTO AMARRE OPGW FO 15**

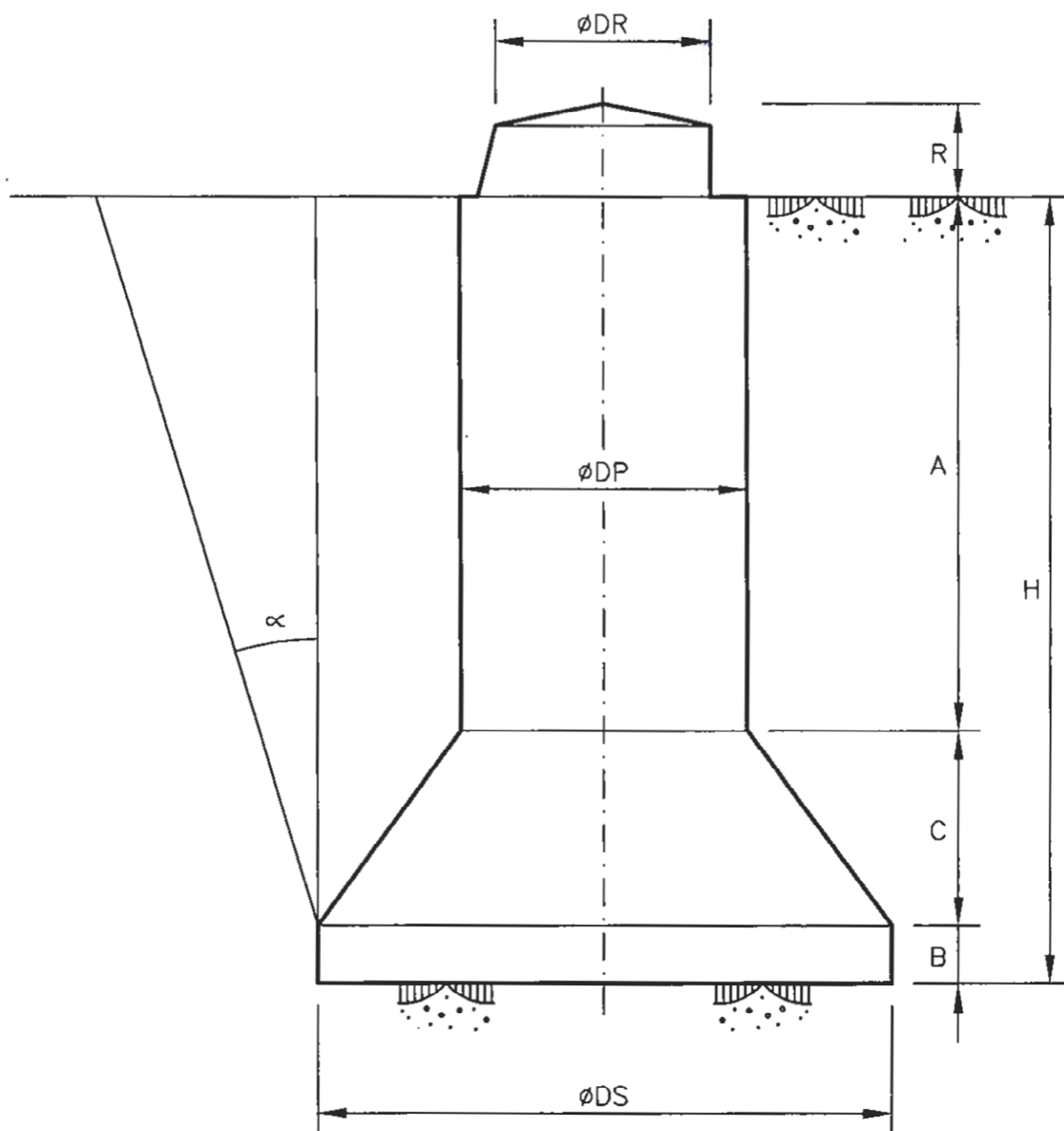
FECHA:

**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**12**



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO TÉCNICO  
INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA**

PROYECTO:

**ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV  
CASTEJÓN MURUARTE**

REALIZADO:

**SÁNCHEZ LABIANO, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**CIMENTACIÓN PATA DE ELEFANTE**

FECHA:

**07/2015**

ESCALA:

Nº PLANO:

**13**



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

ESTUDIO DE LA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN DE DOBLE  
CIRCUITO CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

David Sánchez Labiano

Vicente Senosiain Miquélez

Pamplona, 24 de Julio de 2015

## **ÍNDICE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

<b>4.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>201</b>
4.1.1 Objeto	201
4.1.2 Legislación vigente	201
4.1.3 Fuentes de documentación y contenidos del estudio	202
4.1.4 Delimitación del área de estudio	202
<b>4.2 INVENTARIO AMBIENTAL</b>	<b>203</b>
4.2.1 Medio físico	203
4.2.1.1 Geología y litología	203
4.2.1.2 Hidrología e Hidrogeología	203
4.2.1.3 Edafología	204
4.2.2 Medio biótico	205
4.2.2.1 Vegetación	205
4.2.2.2 Fauna	206
4.2.3 Medio socioeconómico	207
4.2.3.1 Actividad económica	207
4.2.3.2 Turismo	208
4.2.3.3 Infraestructuras existentes y previstas	208
4.2.3.4 Espacios naturales de interés	210
4.2.3.5 Montes catalogados	212
4.2.3.6 Patrimonio cultural	212
4.2.4 Medio perceptual	213
4.2.4.1 Paisaje	213
<b>4.3 ESTUDIO DEL TRAZADO</b>	<b>214</b>
4.3.1 Alternativas al trazado	214
4.3.2 Pasillo de menor impacto ambiental	215



<b>4.4 IMPACTOS POTENCIALES</b>	<b>217</b>
4.4.1 Medio físico	217
4.4.1.1 Suelo	217
4.4.1.2 Agua	217
4.4.1.3 Atmósfera	218
4.4.2 Medio biótico	219
4.4.2.1 Vegetación	219
4.4.2.2 Fauna	220
4.2.3 Medio socioeconómico	220
4.2.4 Medio perceptual	221
4.2.4.1 Paisaje	221



## 4.1 INTRODUCCIÓN

### 4.1.1 OBJETO

La línea a 400 kV Castejón-Muruarte de Reta tiene dos objetivos; de una parte servir para enlazar la ciudad de Pamplona y la zona media de Navarra con la Red Nacional de Transporte, posibilitando la alimentación desde la misma, y por otra parte permite la evacuación de los parques eólicos instalados en el área, dado que las infraestructuras instaladas anteriormente eran insuficiente para ello.

### 4.1.2 LEGISLACIÓN VIGENTE Y NECESIDAD DEL E.I.A.

Red Eléctrica de España, S.A.U. (Red Eléctrica), en virtud de lo establecido en la disposición transitoria novena de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, modificada por la Ley 17/2007, de 4 de julio, tiene encomendadas las funciones de operador del sistema y de gestor de la red de transporte de energía eléctrica, siendo por tanto, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 35.2, responsable del desarrollo y ampliación de la red de transporte en alta tensión, de tal manera que garantice el mantenimiento y mejora de una red configurada bajo criterios homogéneos y coherentes.

De conformidad con el artículo 35.1 de la citada Ley 54/1997, la red de transporte de energía eléctrica está constituida por las líneas eléctricas, parques, transformadores, y otros elementos eléctricos con tensiones iguales o superiores a 220 kV y aquellas otras instalaciones, cualquiera que sea su tensión, que cumplan funciones de transporte o de interconexión internacional y, en su caso, las interconexiones con los sistemas eléctricos españoles insulares y extrapeninsulares, existiendo en la actualidad más de 33.500 km de circuitos de transporte de energía eléctrica y 400 subestaciones distribuidas a lo largo del territorio nacional.

Hasta 1997, el Estudio de Impacto Ambiental de líneas eléctricas no estaba contemplado como preceptivo en la normativa estatal vigente, representada por el Real Decreto Legislativo 13021/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, y su Reglamento de aplicación (Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del anterior Real Decreto Legislativo).

La línea eléctrica objeto de este estudio se encuentra incluida en el Anexo I del Real Decreto Legislativo 1/2008 de 11 de enero y Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido del Real Decreto legislativo 1/2008 al tratarse de una línea de transporte eléctrico de más de 15 km de longitud. Por ello, es necesario su sometimiento a procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental.

#### 4.1.3 FUENTES DE DOCUMENTACIÓN Y CONTENIDOS DEL ESTUDIO

Para la elaboración de los distintos capítulos se han realizado consultas en los organismos y centros de documentación online de la Comunidad Foral de Navarra y la Comunidad Autónoma de La Rioja.

El presente estudio simplemente se ha dedicado a establecer el cumplimiento del pasillo y trazado ya construidos. Las distintas alternativas que fueron planteadas en la construcción de la línea son reflejadas en el estudio sólo para demostrar la idoneidad del trazado actual.

#### 4.1.4 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es un ovoide irregular comprendiendo parte de la Comunidad Foral de Navarra y la Comunidad Autónoma de La Rioja, siendo determinado en base a la situación de la subestación de Muruarte, situada en el término municipal de Muruarte de Reta y de la subestación de Castejón, situada junto a la margen derecha del río Ebro muy próxima a La Rioja, ambas incluidas en la Comunidad Foral de Navarra. El área está cruzada de este a oeste por los ríos Arga y Ebro y de norte a sur por la autopista A-15 y la línea eléctrica Orcoyen-Tafalla-La Serna. Incluye total o parcialmente los términos municipales de Muruarte de Reta, Tiebas, Olcoz, Tirapu, Unzue, Oloriz, Barasoain, Eneriz, Añorbe, Mendigorriá, Larraga, Artajona, Garinoain, Pueyo, Orisoain, Leoz, Lerga, Eslava, Ujue, San Martín de Unx, Beire, Tafalla, Berbinzana, Miranda de Arga, Falces, Olite, Pitillas, Santacara, Murillo el Fruto, Carcastillo, Mélida, Murillo El Cuende, Caparroso, Peralta, Marcilla, Azagra, Funes, Villafranca, Milagro, Cadreita, Bardenas Reales, Valtierra, Castejón, Arguedas, Corella y Tudela en la Comunidad Foral de Navarra y Rincón de Soto y Alfaro en La Rioja.

## 4.2 INVENTARIO AMBIENTAL

### 4.2.1 MEDIO FÍSICO

#### 4.2.1.1 GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca geológica del Valle del Ebro, presentando materiales cuya antigüedad comprende desde el Cretácico Superior al Cuaternario.

Los materiales más antiguos cartografiados corresponden a las facies margocalizas y las arenas y bancos dolomíticos del Mesozoico. Durante el Terciario se depositan fundamentalmente areniscas, arcillas, limos, y formaciones de yesos.

Ya en el Cuaternario se desarrollan fundamentalmente depósitos de origen fluvial y procedentes de procesos de ladera, destacando principalmente los glaciares, y las numerosas terrazas fluviales (Pleistoceno) asociadas a los principales cursos de agua, apareciendo en ellas formaciones de alto interés como las barras de acreción, islas fluviales y meandros abandonados. Se han localizado igualmente zonas de coluviones y depósitos endorréicos.

#### 4.2.1.2 HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

La red de drenaje es muy compleja en la zona dado que se afecta al curso bajo de los tres ríos y varios de sus afluentes.

El río Ebro cruza de Oeste a Este por el borde Sur del ámbito. No se ha adoptado como límite del mismo porque la subestación de Castejón se encuentra al Sur del mismo y por tanto se toma en consideración es necesaria para determinar la zona de cruce más idónea.

El río Aragón se sitúa en la mitad Sur del ámbito, cruzándolo prácticamente de Este a Oeste, formando una barrera a todo lo ancho del mismo, con unos bosques de ribera y cortados importantes presentes en una de sus márgenes, y que determinan un amplio espacio protegido, que supone un limitante importante para la determinación de alternativas.

El río Arga recorre el borde occidental del ámbito, uniéndose con el Aragón en el tercio Sur del mismo manteniéndose en el costado Oeste hasta desembocar en el Ebro. En la práctica determina un límite físico para la definición de alternativas ya que su cruce implicaría que se debería realizar en dos ocasiones, y a lo largo del curso hay numerosas localidades.

Un curso que merece una mención especial es el río Cidacos, afluente del Aragón, que recorre el ámbito analizado de Norte a Sur por la zona central de mismo.

Otro elemento de gran importancia de la red de drenaje lo define la laguna de Pitillas, situada en la zona oriental del ámbito, a la que vierten sus aguas una serie de pequeños cauces presentes, determinando una cuenca de drenaje de reducidas dimensiones.

Se ha de señalar la existencia en el ámbito de un pequeño embalse, el de El Ferial, situado al Este, en el interior del Parque Natural de Las Bardenas Reales. Tanto este embalse como la laguna de Pitillas son dos enclaves de gran importancia para las aves, al constituir el hábitat idóneo para la cría de numerosas especies.

Otro aspecto reseñable es que las vegas de todos estos cursos son la base de una próspera economía ampliada en las zonas regadas por los diversos canales, como por ejemplo, con el Canal de Navarra.

#### 4.2.1.3 EDAFOLOGÍA

Las características edafológicas de la zona de estudio están determinadas por la geología, por el clima y por el relieve.

En la zona de estudio se han definido once tipos de unidades edafológicas.

La unidad de Aguilares se corresponde con el tipo *Camborthid xeróllico*, siendo un suelo fino, carbonatado y mésico.

La unidad de Aibar se corresponde con un suelo tipo *Camborthid* típico o xeróllico (FAO: Xerosol háplico), franco fino, carbonatado y mésico.

En la unidad Almariáz los suelos pertenecen al grupo *Xerochrept calcixeróllico*, limoso grueso, carbonatado y mésico, que se corresponde con el Cambisol cálcico de la clasificación de la FAO.

En la unidad Cadreita, genéricamente sus suelos se corresponden con los *Camborthid* típicos o xeróllicos de la Soil Taxonomy, siendo francos o finos, carbonatados y mésicos. Equivale a un Xerosol háplico según la clasificación de la FAO.

La unidad Monte Piano presenta suelos que se encuadran en el tipo *Calcixeroll* típico, limoso fino, carbonatado y mésico.

La unidad Otazu se corresponde de forma genérica con los suelos de tipo *Torrifluent xérico*, francos finos, mezclados (calizos) y mésicos.

La unidad Pamplona corresponde a suelos *Palexeralf cálcico* que equivale a Luvisol chrómico, esquelético arcilloso, íltico y mésico.

La unidad Pitillas, que corresponde al subgrupo *Xerofluent* típico, engloba a los suelos limosos finos, carbonatados y mésicos.

La unidad de El Plano corresponde al tipo genético denominado *Xerochrept calcixeróllico* (FAO: Cambisol cálcico) y se desarrolla sobre terrazas en topografía plana o casi plana.

La serie principal de la unidad Rada presenta suelos *Camborthid xeréticos*, finos ilíticos y mélicos, que se corresponden con los Xeroxoles háplicos, fase salina y Solochaks órticos de la FAO.

Por último la unidad de El Yugo, presenta un tipo genético es *Camborthid típico*, esquelético arcilloso, carbonatado, mélico y somero, corresponden a los Yermosoles háplicos fase salina de la clasificación FAO.

## 4.2.2 MEDIO BIÓTICO

### 4.2.2.1 VEGETACIÓN

El territorio en estudio ocupa biogeográficamente territorios, tanto de la región eurosiberiana, como de la mediterránea. Dentro de la región eurosiberiana, pertenece a la provincia Cántabro-Atlántica, sector Cántabro-Euskaldun, subsector Navarro-Alavés. Dentro de la región mediterránea pertenece a la provincia Aragonesa e incluye tres sectores, el Castellano-Cantábrico, situado en el piso meso-supramediterráneo, y el Riojano-Estellés y el Bardenas-Monegros (subsector Bardenero).

#### Encinares

Los encinares o carrascales de *Quercus ilex* subsp. *baliota*, se presentan al Norte y Sur y Oeste de Tafalla. Aunque no todas las formaciones de encinar poseen las mismas características, ya que se pueden distinguir dos tipos de encinares a través de un conjunto de especies diferenciales que se encuentran en cada uno de ellos. Potencialmente debería ocupar amplias extensiones de territorio en Navarra, pero esto no ocurre al haber sido estas superficies ocupadas por todo tipo de cultivos.

#### Pastizales salinos

Las comunidades que viven en los pastizales salinos están caracterizadas por la presencia de *Atemisia gallica*, *Inula crithmoides* y *Juncus subulatus*. Están dominados por caéfitos y nanofanerófitos crasicaules que se desarrollan sobre suelos muy salinos, húmedos y sometidos a inundaciones de agua salada, como ocurre en los pastizales salinos que rodean la Laguna de Pitillas. En este tipo de zonas domina la sosa (*Suaeda vera* var. *Brevifolia*) que en ocasiones aparece acompañada por los nanofanerófitos crasicaules *Arthrocnemum machrostachyum* y sosa de las salinas (*Sarcocornia perennis*). Esta comunidad está constituida por matas rastreras de sosa (*Suaeda vera* var. *Brevifolia*) entre las que aparecen zonas más o menos amplias sin vegetación, ocupadas frecuentemente por depósitos salinos. Otras especies presentes en estas comunidades son *Sphenopus divaricatus* e *Hymenolobus procumbens*. Cartografiados en la laguna de Pitillas y la Balsa del Juncal, así como en los barrancos de Sierras, del Agua y en el Valle de Valfondo.

### Especies endémicas, protegidas y amenazadas

En el ámbito de estudio existen especies con algún nivel de protección, así como otras catalogadas como endémicas o de interés. Según el Atlas corológico de las monocotiledóneas endémicas de la Península Ibérica e Islas Baleares se encuentran las siguientes especies:

- *Narcissus dubius*: geófito. Citada en Falces, Bardenas Reales. Se considera como no amenazada.
- *Deschampsia hispanica*. Citada en Tafalla. Se considera como no amenazada.
- *Oreochloa confusa*. Citado en Peña de Unzué. Se considera como no amenazada.
- *Crocus nevadensis* subsp. *marcetii*. Citada en Olcoz. Se considera como no amenazada.
- *Merendera montana*. Citada en Marcilla y Milagro. Se considera no amenazada.

Según el catálogo de la Flora amenazada de navarra aprobado por Decreto Foral 94/1997, están presentes las siguientes especies:

- *Microcnemum coralloides* subsp. *coralloides*. Se presenta en la zona del Alto Carricas, situado entre Falces y Peralta, catalogada como sensible a la alteración de su hábitat.
- *Senecio auricula*. Se presenta en la zona del Alto Carricas, situado entre Falces y Peralta, y al Sureste del embalse de El Ferial y en el Vedado de Eguaras en las Bardenas Reales. Catalogada como vulnerable.
- *Ziziphora aragonensis*. Se presenta al Sureste del embalse de El Ferial y en el vedado de Eguaras en las Bardenas Reales. Catalogada como vulnerable.

#### 4.2.2.2 FAUNA

En la zona de estudio se localizan algunos enclaves que presentan un interés particular a escala regional para diversas especies catalogadas como amenazadas. Entre ellos destacan dos humedales de interés para las aves acuáticas y palustres, la Badina de Escudera y la Balsa del Juncal; algunos sotos fluviales bien conservados y que albergan poblaciones amenazadas de fauna riparia, como el Soto Alto, el de Giraldelli y el de Ramalete, en las riberas del Ebro, o el de La Lobera y Sotillo, en las del Aragón; un bosque de frondosas bien desarrollado, el denominado Monte Plano, que alberga una rica comunidad de aves rapaces forestales, y un área importante para las aves esteparias, la Plana de Olite.

Las comunidades orníticas de mayor interés dentro del ámbito están configuradas por las aves acuáticas y riparias, por un lado, y por las aves esteparias, por otro. Entre las primeras, destacan las poblaciones, existentes en la badina de Escudera y en la Balsa del Juncal, de garza imperial y de aguilucho lagunero, además de otras aves cuyas poblaciones reproductoras son muy escasas, también, enclaves destacados para las aves riparias, así como para las aves forestales (milanos real y negro, gavilán, aguililla calzada, alcotán, chotacabras gris y pico menor, en particular), son los sotos fluviales que aún se conservan en las riberas de los ríos Ebro y Aragón. Aquí se clasifican las diferentes especies del inventario:

- Comunidades orníticas de aves acuáticas y riparias: las garzas (*Ardea sp.*), el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), el avetoro (*Botarus stellaris*), el avetorillo (*Ixobrychus minutus*), el zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*) y el somormujo lavanco (*Podiceps cristatus*), así como varias especies de anátidas, rálidas, limícolas y passeriformes catalogadas.
- Aves forestales: El milano real y negro (*Milvus sp.*), el gavián (*Accipiter nisus*), la aguililla calzada (*Hieraaetus pennatus*), el alcotán (*Falco subbuteo*), chotacabras (*Caprimulgus sp.*) y el pico menor (*Dendrocopos minor*).
- Aves esteparias: El cernícalo primilla (*Falco naumanni*), la avutarda (*Otis tarda*), las gangas (*Pterocles sp.*), el sisón y el aguilucho cenizo (*Circus pygargus*). Aves rupícolas: El alimoche (*Neophoron percnopterus*), el buitre leonado (*Gyps fulvus*), el águila real (*Aquila chrysaetos*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y el búho real (*Bubo bubo*) en los cantiles y cortados.

Dentro del resto de la fauna se pueden encontrar invertebrados amenazados como son «*Austropotamobius pallipes*», «*Unio elongatulus*» y el lepidóptero «*Proserpinus proserpina*»; coleópteros como «*Lucanus cervus*» y «*Cerambyx cerdo*»; fauna piscícola como el fraile, la lamprehuela, el bagre y el barbo de cola roja; anfibios como el sapillo pintojo ibérico («*Discoglossus galganoi*»), el sapo de espuelas («*Pelobates cultripipes*») y la ranita de San Antonio («*Hyla arborea*»); reptiles como el galápago europeo («*Emys orbicularis*») y el leproso («*Mauremys leprosa*»); poblaciones relictas de cangrejo de río autóctono («*Austropotamobius pallipes*») y el bivalvo «*Unio elongatus*». Dentro de los mamíferos se encuentra el visón europeo («*Mustela lutreola*»), el gato montés («*Felis silvestris*»), el turón («*Mustela putorius*») y numerosos quirópteros.

## 4.2.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

### 4.2.3.1 ACTIVIDAD ECONÓMICA

Considerados en conjunto los municipios estudiados presentan como actividad dominante el sector servicios con un 46,96%, seguido del sector industrial con un 31,19%. Los dos sectores minoritarios son la construcción y la agricultura con unos porcentajes de 12,86% y 8,98%, respectivamente.

En el análisis por municipios se observa que existen divergencias particulares respecto a la distribución global entre las distintas actividades económicas.

Los municipios de Cadreita y Olóriz presentan una distribución ocupacional particular, en la que el sector agrícola, con más del 40%, es muy superior al porcentaje de los municipios restantes. Respecto al sector industrial cabe señalar que Marcilla, Olite, Peralta y Pitillas presentan porcentajes superiores al 40%. Los mayores porcentajes del sector de la construcción corresponden a Arguedas, Larraga y Murillo el Cuende y oscila en torno al 25%.



Por último en el sector servicios destacan los municipios de Castejón, Tudela y Unzué, con un porcentaje cercano a la mitad de la población ocupada.

#### 4.2.3.2 TURISMO

El carácter turístico es sólo relevante en cinco de los municipios con más de mil habitantes. Estos municipios, ordenados por su importancia turística, son los siguientes: Tudela, Tafalla, Castejón, Alfaro y Olite.

Existe una oficina de turismo en Olite y además en la laguna de Pitillas se ubica un centro de atención al público.

El sector hotelero está poco desarrollado en el área de estudio, siendo sólo 11, de los 38 municipios estudiados, los que presentan algún tipo de equipamiento hotelero. Entre paréntesis se indica el número de alojamientos que posee cada municipio: Alfaro (2), Barásoain (1), Funes (1), Milagro (1), Olite (3), Peralta (1), Tafalla (2), Tiebas (1), Tudela (6), Valtierra (1) y Villafranca (1). La oferta hotelera se completa con el Parador Nacional Príncipe de Viana en el Palacio Viejo de Olite.

Respecto a otros alojamientos, hay que señalar que, en la zona de estudio, sólo existe un albergue en Beire, y un camping en Olite. Situado en un antiguo convento, el albergue de Beire, consta de 130 plazas y se localizan el núcleo urbano. El camping de la ciudad de Olite en una capacidad de 500 plazas y está ubicado en el kilómetro 2,3 de la CN-115. Por otra parte, la oferta de casas rurales en la zona de estudio es muy reducida, limitándose a 3 en San Martín de Unx, un total de 12 plazas, y 5 en Ujué, 25 plazas.

En cuanto a la utilización del territorio para la realización de paseos o visitas para disfrutar de la calidad paisajística o histórica y cultural del entorno destaca la existencia del Camino de Santiago, senderos de largo recorrido, rutas verdes, turismo ecuestre y rutas en coche.

#### 4.2.3.3 INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES Y PREVISTAS

Las principales infraestructuras, tanto existentes como previstas, que puedan suponer un condicionante para la instalación de la línea eléctrica en estudio, son:

##### Zonas regadas

Se han incluido en esta unidad todas las zonas que figuran en el plano de vegetación y usos del suelo como áreas de regadíos.

##### Pívots

Bajo esta denominación se han considerado las zonas de regadíos que utilizan este tipo de infraestructuras.



### Instalaciones eléctricas

Las infraestructuras eléctricas que se encuentran incluidas en el ámbito considerado para este estudio las componen una subestación, varias líneas eléctricas de diferentes tensiones y cuatro parques eólicos. La subestación eléctrica está situada en el término municipal de Tafalla. En cuanto a las líneas eléctricas, existe una de 220 kV que recorre todo el ámbito de estudio de Norte a Sur y numerosas líneas de 66 kV que dan servicio a las principales poblaciones de la zona, presentando un mayor número de estas en el entorno de Tafalla.

En la actualidad existen cuatro parques eólicos, ubicados en los términos municipales de:

- Peralta y Funes al Suroeste.
- Caparroso al Sureste.
- San Martín de Unx, Leoz y Tafalla al Noreste.
- Tirapu, Unzué, Olcoz y Añorbe al Norte.

### Telecomunicaciones

Se han incluido dentro de este apartado 15 antenas repetidoras de telefonía móvil. La mayor parte de las mismas situadas en las inmediaciones de la autopista A-15.

### Hidráulicas

Se ha incluido el Embalse de El Ferial, único de tamaño significativo, que se localiza al Sureste de Caparroso, al Norte de las Bardenas Reales; y el Canal de Navarra, que discurre por el Norte de Tafalla y en su mayoría por el Este del municipio de Artajona.

### Conducciones de gas y oleoductos

Se han incluido las distintas conducciones de transporte y distribución de gas natural, además de varios ramales que en la actualidad se encuentran en construcción. Se corresponden con los tramos AP-72, AP-45 y AP-16, según información remitida por Gas Navarra ENAGAS. Por otra parte se ha incluido el oleoducto denominado MIPAZA que surca la mitad Noroeste del ámbito de estudio, según información remitida por la Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH S.A.).

### Vertederos

Únicamente se han localizado dos vertederos dentro de la zona considerada. Uno se ubica a unos 3 km al Oeste de Peralta, mientras que el otro está localizado en el término municipal de Tafalla, a unos 4 km al Suroeste del núcleo urbano.

### Infraestructuras previstas

Se ha contado también con el futuro trazado del Tren de Alta Velocidad en el denominado “corredor navarro”.

#### 4.2.3.4 ESPACIOS NATURALES DE INTERÉS

##### Monte Plano y Leoz

LIC ES2200032 dividido en tres áreas, los montes de utilidad pública denominados Montes de Leoz al oeste de Olite, Monte Viejo y Reserva Natural de Monte del Conde ambos al este de Pueyo, siendo estos dos últimos limítrofes. El espacio está configurado por tres áreas en las que predominan los carrascales de *Quercus rotundifolia* y los quejigales de *Quercus faginea*. Se encuentran buenos ejemplos de carrascales y quejigales castellano-cantábricos, localizados en la Reserva Natural del Monte del Conde y en Leoz. El lugar presenta una de las mayores densidades de aves rapaces de Europa.

##### Tramo del río Arga

Incluye la Reserva Natural de Sotos del Arquillo y Barbaraces, el LIC denominado Tramos bajos del Aragón y el Arga, Enclave Natural de Sotos de la Muga, Enclave Natural del Soto de Santa Eulalia y Reserva Natural Sotos de Gil y Ramal Hondo.

La Reserva Natural de Sotos del Arquillo y Barbaraces abarca ambas márgenes del río Arga, en el término municipal de Falces, aguas abajo de la presa del Arquillo.

El Enclave Natural de Sotos de la Muga situado en la margen derecha del río Arga, en el límite entre los términos municipales de Falces y Peralta.

El Enclave Natural del Soto de Santa Eulalia está situado en ambas márgenes de un antiguo meandro del río Arga, hoy muy separado del cauce principal, en el término municipal de Peralta.

La Reserva Natural Sotos de Gil y Ramal Hondo forma un conjunto forestal que bordea dos antiguos meandros del río Arga, hoy aislados del cauce del río, al haber sido este canalizado. El área de la reserva Natural corresponde a los términos municipales de Funes y Peralta.

##### Lagunas del Juncal

Incluye la Reserva Natural de la Laguna del Juncal y el LIC ES2200033 denominado Laguna del Juncal, en el término municipal de Tafalla. Se trata de la laguna endorreica más septentrional de Navarra.

##### Laguna de Pitillas

Incluye la Reserva Natural, ZEPA, Ramsar y LIC ES2200036 denominado Laguna de Pitillas. Es una zona húmeda de origen endorreico formada sobre materiales arcillosos oligomiocénicos que ocupa 216 hectáreas. La Laguna de Pitillas es la segunda zona húmeda en importancia de Navarra en cuanto a la diversidad de aves acuáticas que en ella nidifican y la primera por el gran número de especies que se dirigen a este espacio durante la migración. Laguna de naturaleza endorreica de carácter permanente.

### Yesos de la Ribera Estellesa

Incluye el LIC ES2200031 denominado Yesos de la Ribera Estellesa, al sur de Miranda de Arga.

### Tramo bajo del río Aragón

Incluye los Enclaves Naturales Soto Ártica, Soto Arenales, Soto de Valporrès-Soto Bajo, Soto de la Recueja y Sotos de Rada I y II, la Reserva Natural de Sotos de Sotos de la Lobera y Sotillo y el LIC denominado Tramos bajos del Aragón del Arga.

El Enclave Natural del Soto Ártica está situado en el margen derecho del río Aragón, en el término municipal de Santacara. Junto con los Sotos de Sequero y Arenales forma un territorio continuo de gran interés por su capacidad de acogida de fauna propia de estos bosques de ribera.

El Enclave Natural del Soto Arenales abarca una amplia superficie en la que se incluye un bosque de ribera en mosaico con abundantes áreas de pastos. El área protegida corresponde en su origen a una gran isla que quedó separada del cauce principal y está ubicada en el margen derecho del río, justo en frente de la localidad de Mérida.

El Enclave Natural del Soto de Valporrès-Soto Bajo abarca los sotos que se forman en el margen izquierdo del río Aragón en un amplio meandro, en los términos municipales de Mérida y Murillo el Cuende.

El Enclave Natural del Sotos de la Recueja es el complejo fluvial de mayor interés en el río Aragón, tanto por su tamaño, con 58 hectáreas de superficie, como por el gran valor escénico del paisaje rural. Está formado por cuatro zonas de bosque de ribera, dos de ellos ubicados en el margen izquierdo y los otros dos en el margen derecho del río Aragón, que en total abarcan más de dos kilómetros y medio del curso del río. Se sitúan en el término municipal de Murillo el Cuende (Traibuenas) al pie del cerro arcilloso donde se asienta el Despoblado de Rada.

### Bardenas Reales

Incluye el Parque Natural y el LIC ES2200037 denominado Las Bardenas Reales, con comunidades florísticas y faunísticas singulares y especies raras. Entre los ecosistemas mejor conservados se encuentran los Pinares del Vedado de Eguarás y de las Caldas de la Negra, la balsa de las Cortinas y las áreas esteparias de la Blanca.

### Badina Escudera

Incluye el Enclave Natural y el LIC ES2200039 denominado Badina Escudera, zona húmeda en el término municipal de Villafranca.

#### Vedado de Egurás

Incluye la Reserva Natural del Vedado de Egurás, en el término municipal de Valtierra. Con pinar con sotobosque de coscoja y en suelos menos desarrollados romerales, tomillares y albardinales o espartales.

#### Sotos de Alfaro

Incluye el Complejo de Vegetación de Ribera de los Sotos de Alfaro y el LIC ES2200040 denominado Río Ebro.

#### Sotos del Ebro

Incluye el Enclave Natural de Soto Alto, el Enclave Natural del Soto de Giraldelli, la Reserva Natural del Soto de Ramalete y el LIC denominado Río Ebro.

El Enclave Natural de Soto Alto pertenece al viejo cauce del río Ebro. Situado en el margen izquierdo del río Ebro en el término municipal de Valtierra. La vegetación de ribera asociada al río y los humedales tiene gran importancia para aves acuáticas y forestales y da cobijo a multitud de especies.

El Enclave Natural del Soto de Giraldelli es un bosque de ribera situado en el margen derecho del río Ebro en el término de Castejón, sobre terrenos de propiedad particular.

La Reserva Natural del Soto del Ramalete está situada en el margen derecho del río Ebro, en el término municipal de Tudela. Forma parte de un gran meandro situado al pie de una terraza junto a la que discurre un cauce abandonado poblado de carrizos. La diversidad del mosaico espacial formado por las comunidades vegetales existentes, contribuye a incrementar la variedad de tipos faunísticos.

#### Tramo fluvial del Río Aragón

El tramo protegido tiene una longitud de unos 10 km comprendidos entre los ríos Ebro y Arga. En su recorrido atraviesa los términos municipales de Funes, Villafranca y Milagro.

#### 4.2.3.5 MONTES CATALOGADOS

Se han incluido todos los Montes de Utilidad pública que se encuentran en el ámbito de estudio.

#### 4.2.3.6 PATRIMONIO CULTURAL

En este capítulo se ha analizado tanto la presencia del patrimonio arqueológico, artístico y etnográfico como el de las vías pecuarias.

Se ha localizado en el ámbito un total de 309 yacimientos, algunos de los cuales corresponden a hallazgos aislados, así como un total de 43 Bienes Inmuebles, la mayoría ermitas. Igualmente se han localizado 4 Cañadas Reales, 5 Traviesas, 10 Pasadas y 3 Ramales.

#### 4.2.4 MEDIO PERCEPTUAL

##### 4.2.4.1 PAISAJE

La tipificación del territorio ha permitido establecer una división del mismo en unidades de paisaje, que constituyen áreas homogéneas en su estructura y composición de elementos. Así se han diferenciado once tipos paisajísticos principales:

- Mosaico agrícola formado por cultivos de regadío sobre zonas bajas.
- Mosaico agrícola constituido por la alternancia de cultivos de secano, barbechos y viñedos.
- Mosaicos de matorrales en laderas y cumbres de lomas, con cultivos en fondos de valle, vaguadas y laderas bajas
- Superficies de terreno elevadas cubiertas por encinares.
- Superficies de terreno elevadas o de alta pendiente con pinares.
- Corredores lineales de pinos asociados a vías de comunicación.
- Mosaico de masas de pinares con cultivos de secano y matorrales.
- Mosaico de masas de quercíneas con cultivos de secano y matorrales.
- Paisaje asociado a masas someras de agua.
- Ríos y riberas.

En cuanto a las cuencas visuales, son muy amplias sobre todo en el Norte, en cambio, en el Sur abundan las vegas y las zonas regadas que limitan las mismas. También existen en este área numerosos elementos de alto valor paisajístico debido a elementos arquitectónicos o naturales.

## 4.3 ESTUDIO DEL TRAZADO

### 4.3.1 ALTERNATIVAS AL TRAZADO

De acuerdo con la descripción efectuada en el texto del estudio de impacto ambiental, se describen a continuación las diferentes alternativas al trazado, denominadas por letras consecutivas del alfabeto (de la A a la F):

El trazado, de aproximadamente 60 km de longitud, parte de la subestación de Muruarte a lo largo de dos kilómetros y medio con dirección sur a fin de evitar el parque eólico presente al oeste del mismo, cruzando la autopista A-15 y la vía del ferrocarril. A partir de este punto surgen las alternativas A y B.

La alternativa A, toma dirección suroeste para confluir con el trazado de la línea Orcoyen-Tafalla-La Serna, discurriendo por una zona no urbanizable con casonas declaradas bienes de interés cultural al este de Artajona. A partir de este punto, cambia la orientación hacia el sureste para discurrir en paralelo al trazado de la línea mencionada. Antes de su llegada a la Laguna del Juncal surge la alternativa C con dirección sursuroeste. La alternativa A continúa con dirección sureste dejando al oeste la Laguna del Juncal y el Monte Plano y al este la población de Tafalla, discurriendo entre esta población y dicho espacio. Una vez superada esta zona surgen las alternativas D y E, dirigiéndose la primera hacia el suroeste y la segunda hacia el sureste. La alternativa A sigue en dirección sur en paralelo a la línea eléctrica Orcoyen-Tafalla-La Serna y cruza la Plana de Olite, el Tramo Bajo del río Aragón y el Parque Natural de Las Bardenas Reales en dos pequeños tramos. Una vez rebasado este Parque Natural surge la alternativa F con dirección sureste para aumentar la distancia a la zona urbanizada de Caderita. Esta alternativa toma dirección suroeste para confluyendo con la alternativa A, cruzar el río Ebro y llegar a la subestación de Castejón, situada en el margen derecho del mismo.

La alternativa B se dirige en dirección sur a través de las zonas no urbanizables de Barasoain, a fin de evitar la zona no urbanizable que la alternativa A cruza más al oeste, dentro del mismo término municipal, y especialmente las casonas declaradas bienes de interés cultural. Mantiene una distancia mínima de 2 km a esta localidad confluyendo con la alternativa A antes del espacio protegido de la Laguna del Juncal, en los alrededores de Tafalla.

En este punto se inicia la alternativa C, la más occidental de todas. Esta alternativa toma dirección sursuroeste para rodear por el oeste la Laguna del Juncal y más adelante toma dirección sureste para discurrir entre una zona de interés para aves esteparias y el Monte Plano. Cruza un valle por el que va oculta la traza frente a la carretera, describe un arco hacia el oeste, internándose en las zonas regadas por los ríos Arga y Ebro y confluye con la alternativa A antes del cruce con el río Ebro.

La alternativa D discurre entre la alternativa C y la A y se dirige hacia el oeste por el pasillo de infraestructuras formado por la autopista y la carretera que une Olite con Peralta. Gira hacia el sursureste con la autopista, discurriendo próxima a la misma y la abandona exclusivamente en la zona del cruce del río Aragón. A esta altura, esta alternativa se bifurca en tres pasillos,

el primero mantiene el paralelismo con el peaje de la autopista, el segundo cruza el río Aragón por una zona estrecha de sotos y el tercero más oriental afecta al espacio natural protegido Tramo Bajo del Río Aragón en una longitud de unos 800 metros. Después de este cruce, discurre en paralelo a la autopista a 1 km de distancia aproximadamente con el fin de evitar el espacio protegido de Badina Escudera y confluye con la alternativa A una vez superada la población de Villafranca.

La alternativa E, la más oriental de todas, se inicia después de la alternativa D y antes de la zona de sensibilidad faunística de La Plana de Olite, bordeándola por su borde oriental con dirección sureste. Una vez superada esta zona, la alternativa se bifurca en dos pasillos para evitar elementos de valor histórico presentes en esta zona. Pasada esta zona, la alternativa vuelve a ser única dirigiéndose hacia el sureste a 1 km al este de la población de Caparroso. En este punto cruza el espacio protegido del Tramo Bajo del río Aragón, se desvía hacia el suroeste para evitar el paso por el Parque Natural de las Bardenas Reales y confluye con la alternativa A antes de llegar a la población de Villafranca.

Una vez comparadas las alternativas y analizando los impactos que generaría la línea sobre el medio físico, biológico y socioeconómico, el estudio de impacto ambiental considera como trazado óptimo, la combinación de las siguientes alternativas: tramo inicial común de 2,5 km, alternativa B hasta los alrededores de Tafalla, alternativa A hasta superar el Monte Plano, alternativa D hasta superar el Parque Natural de las Bardenas Reales y alternativa A hasta la entrada a la subestación de Castejón.

#### 4.3.2 PASILLO DE MENOR IMPACTO AMBIENTAL

El pasillo elegido, y considerado de menor impacto sobre el medio ambiente en el estudio de impacto ambiental, presenta una longitud de aproximadamente 60 km y tiene una orientación predominante norte-sur.

Se inicia en la subestación de Muruarte y parte de su trazado discurre en paralelo con la línea eléctrica ya existente Orcoyen-Tafalla-La Serna o con la Autopista A-15, y finaliza en la subestación de Castejón, situada en el margen derecho del río Ebro.

El trazado parte de la subestación de Muruarte ubicada en el paraje denominado "Las Fuentecillas" con dirección sur durante 2,5 km para evitar el parque eólico situado en los Altos de Olcoz, las zonas de interés natural situadas hacia el oeste, y la localidad de Muruarte de Reta, ubicada al este. Cruza la autopista A-15 y la vía del ferrocarril. A la altura del Cerro de Arrobia toma dirección suroeste hasta encontrar la línea de 220 kV Orcoyen-Tafalla-La Serna, donde cambia la orientación a sureste para discurrir en paralelo con la misma, dejando al oeste la población de Artajona y al este las poblaciones de Barásoain, Garinoain y Pueyo. Discurre por el este del espacio natural de "Monte El Plano" y por el oeste de la subestación de Tafalla y la población del mismo nombre.

Cruza la autopista A-15 y abandona el paralelismo con la línea eléctrica al suroeste de la población de Olite. Discurre en paralelo a la autopista A-15 y a la carretera que une Peralta con Olite por el borde norte de La Plana de Olite, acercándose lo máximo posible a la autopista



en la zona de "Las Planillas". Se dirige hacia la población de Marcilla pasando al este de la misma, en paralelo con el trazado de la autopista A-15 por su lado este, cruza el río Aragón por una zona en la que los sotos son más estrechos, y continúa hasta alcanzar las Bardenas Reales y Badina Escudera, discurriendo entre ambos espacios naturales.

Más al sur, confluye de nuevo con la línea eléctrica Orcoyen-Tafalla-La Serna y en paralelo con ésta y con la autopista, pasa entre las poblaciones de Cadreita y Valtierra, cruzando la autopista a la altura de esta última. Cruza el río Ebro al oeste del puente de la Autopista, en un punto en el que los bosques de ribera presentan una discontinuidad y llega a la subestación de Castejón, ubicada en el margen derecho del río Ebro próximo a la autopista A-15.

El pasillo adoptado no afecta directamente a ningún espacio natural protegido, área de importancia para aves esteparias, zonas con grandes flujos aviares o masas forestales. Tampoco afecta a zonas de interés geológico o a zonas próximas a elementos pertenecientes al patrimonio histórico-artístico.



## 4.4 IMPACTOS POTENCIALES

En general, los efectos asociados a estas infraestructuras están directamente relacionados, por una parte, con el emplazamiento elegido para la subestación y con la longitud de las líneas eléctricas de transporte y, por otra, con los valores naturales, sociales y económicos que posee el medio donde se proyectan.

### 4.4.1 MEDIO FÍSICO

#### 4.4.1.1 SUELO

Se trata de alteraciones superficiales derivadas de las cimentaciones de la planta de la subestación y de los apoyos de las líneas eléctricas, así como el tránsito de la maquinaria y de los procesos erosivos derivados de la creación de accesos a las bases de los apoyos de la línea eléctrica, máxime si éstos se encuentran en zonas de pendientes acusadas. Los efectos más importantes para el sustrato y la morfología del terreno se producen durante la fase de construcción.

Existen numerosas medidas preventivas y correctoras que permiten minimizar e incluso anular los previsibles impactos que se pueden producir en este sentido cuando se ejecuta el proyecto de construcción. Estas medidas son prácticas habituales por parte de las empresas que abordan su construcción. Algunas de ellas son la selección del emplazamiento para la subestación, la determinación del trazado aprovechando al máximo la red de caminos existentes en el caso de las líneas, la recuperación de la vegetación denudada en el proceso de la apertura de los caminos, utilización de patas de altura diferente para pendientes elevadas, utilización de apoyos con cimentaciones monobloque para que la ocupación del terreno sea menor, etc.

#### 4.4.1.2 AGUA

Se pueden producir interrupciones accidentales por la acumulación de materiales o por vertidos de los materiales de las obras. En ambos casos se trata de actuaciones prohibidas por las empresas constructoras y se reducen a los casos accidentales.

Al igual que en el caso del suelo, las posibles afecciones tendrían lugar durante la construcción de las infraestructuras, ya que se trata de una instalación industrial que por sus características no produce residuos que pudieran interaccionar con la red de drenaje existente, a excepción de los equipos con aceite de la subestación que contarán con sus respectivos fosos de recogida.

Las especificaciones medioambientales de acuerdo al sistema de gestión de residuos que se realizan de forma concreta para cada instalación, así como la estricta supervisión de las actuaciones de todos los agentes que intervienen en la obra, aseguran que la conducta de los contratistas sea responsable desde el punto de vista medioambiental y así la probabilidad de aparición de accidentes sea la mínima.

#### 4.4.1.3 ATMÓSFERA

El efecto más significativo en el caso de las líneas es la aparición de ruido por el efecto corona que se produce en el entorno de los conductores. Aunque no es un efecto muy significativo, como se aprecia en la siguiente tabla, en la que los valores medidos a una distancia de 25 m de la línea son comparados con otros generados en la vida cotidiana.

Actividad	Decibelios
<b>Discoteca</b>	115
<b>Camiones pesados</b>	95
<b>Camiones basura</b>	70
<b>Conversación normal</b>	60
<b>Lluvia moderada</b>	50
<b>Biblioteca</b>	30
<b>Línea eléctrica con buen tiempo</b>	25-40
<b>Línea eléctrica con niebla o lluvia</b>	40-45

En el caso de la subestación el elemento que contribuye como fuente fundamental al ruido es el transformador de potencia, aunque como en el caso de la línea éste disminuye rápidamente con la distancia, situándose en torno a los 40 dB (A) a unos 80-100 metros de distancia.

En cuanto a los campos eléctricos y magnéticos generados por este tipo de instalaciones, cabe destacar que es posiblemente el efecto sobre la salud más estudiado del mundo. La comunidad científica internacional está de acuerdo en que la exposición a los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial generados por las instalaciones eléctricas de alta tensión no supone un riesgo para la salud pública.

Así lo han expresado los numerosos organismos científicos de reconocido prestigio que en los últimos años han estudiado este tema. En realidad, a lo largo de más de tres décadas de investigación ningún organismo científico internacional ha afirmado que exista una relación demostrada entre la exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial generados por las instalaciones eléctricas de alta tensión y enfermedad alguna.

A continuación se muestran los valores obtenidos para líneas de 400 kV a diferentes distancias. Hay que tener en cuenta que la recomendación del Consejo de la Unión Europea es de 5 kV/m para el campo eléctrico y 100  $\mu$ T para el campo magnético.

Situación	Campo eléctrico ( $kV/m$ )	Campo magnético ( $\mu T$ )
<b>Debajo de los conductores</b>	3-5	1-15
<b>A 30 metros de distancia</b>	0,2-2	0,1-3
<b>A 100 metros de distancia</b>	<0,2	<0,3

En el caso de las subestaciones estos valores disminuyen aún más rápidamente al alejarse, debido a que se produce una autocancelación de los mismos, por lo que los valores generados son incluso inferiores a los generados por las líneas eléctricas.

#### 4.4.2 MEDIO BIÓTICO

##### 4.4.2.1 VEGETACIÓN

Las actuaciones en las que la vegetación se ve más afectada son debidas a la ocupación de suelo por la construcción de la subestación, la apertura de accesos (tanto a la subestación como a cada uno de los apoyos de las líneas eléctricas) y a la construcción de las líneas, ya que para ello es necesario eliminar la vegetación existente.

Otro efecto relevante desde el punto de vista medioambiental es la necesidad, en algunos casos, de abrir una calle de seguridad desprovista de vegetación arbórea incompatible con la línea eléctrica, calle que se mantiene abierta durante la fase de explotación de la instalación. Esta calle es necesaria para evitar que cualquier elemento se sitúe a una distancia inferior de la de seguridad de los conductores y genere un arco eléctrico, con la consiguiente falta de servicio en la instalación y el consiguiente riesgo de incendio.

En la mayor parte de las ocasiones no es necesaria la apertura de la calle de seguridad, ya que la vegetación existente bajo los conductores no tiene la altura suficiente como para alcanzar la distancia de seguridad.

Existen medidas preventivas y correctoras que sirven para minimizar, en fase proyecto, los impactos generados sobre la vegetación durante la fase de construcción y explotación, como pueden ser la selección de un emplazamiento desprovisto de vegetación en el caso de la subestación, los recercados de los apoyos, la apertura de accesos mediante medios no mecanizados, tala selectiva de la vegetación, selección de trazados de las líneas y ubicación de los apoyos alejados de las masas forestales densas, minimización de la apertura de accesos, etc.

#### 4.4.2.2 FAUNA

Las principales molestias generadas sobre todos los grupos faunísticos en general, son debidas a las actuaciones durante la obra, especialmente por el tránsito de maquinaria pesada que genera ruido y polvo, por la apertura de accesos y eliminación de la vegetación, etc.

Si bien en las líneas eléctricas de distribución existe riesgo de electrocución y colisión para la avifauna, en las de transporte sólo es posible la colisión, ya que para que se electrocute un ave es necesario que el ave entre en contacto con dos conductores o un conductor y un elemento puesto a tierra (p.e. la cruceta de un apoyo) y en las líneas de 400 kV esa distancia es muy superior a la envergadura de cualquier especie.

El único riesgo para la avifauna durante la fase de explotación es de colisión, que se produce contra el cable de tierra por ser poco visible al tener un diámetro menor que los conductores. Habitualmente son las especies más grandes y pesadas las que son más sensibles a este factor por su poca maniobrabilidad, ya que las pequeñas y ligeras pueden modificar el rumbo de su vuelo al ver el cable y evitarlo.

La poca visibilidad por lluvia o niebla aumentan el riesgo. En ningún caso existe riesgo de electrocución en las líneas eléctricas a 400 kV.

Durante la ejecución de proyectos de nuevas líneas se adoptan numerosas medidas preventivas y correctoras que evitan el impacto que se genera sobre la fauna en general como es evitar durante el trazado de las líneas atravesar áreas de paso de aves así como zonas húmedas, señalización del cable de tierra, evitar el entorno de zonas de nidificación y de alimentación, etc.

#### 4.4.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

Los efectos más significativos sobre el medio socioeconómico son positivos, ya que, este tipo de instalaciones contribuyen al desarrollo de la región en la que se encuentran, al suponer una mejora en la calidad y garantía del suministro eléctrico, lo que permite un mayor desarrollo de actividades industriales. Además, suponen un aumento de la eficiencia energética, aspecto que debe ser tenido en cuenta, ya que la construcción de nuevas líneas puede regular flujos a nivel suprarregional o nacional, lo que permite evitar pérdidas en el transporte de energía incidiendo de forma directa e indirecta sobre otras actividades potencialmente causantes de impacto ambiental (reduciendo residuos, vertidos, emisiones de gases contaminantes o de efecto invernadero, etc.). Este análisis es clave desde el punto de vista de una planificación energética respetuosa con el medio ambiente.

Los efectos negativos desde el punto de vista socioeconómico se deben a que hay actividades que por su naturaleza presentan ciertas incompatibilidades que, si bien no tienen que ser excluyentes, pueden interactuar de forma negativa. Un ejemplo de estas actividades pueden ser las concesiones mineras en general, la presencia de otras infraestructuras que, por motivos de seguridad, deben respetar ciertas distancias (carreteras, líneas de ferrocarril, gasoductos,

etc.) y otras como los aeropuertos que presentan servidumbres físicas y radiométricas incompatibles con las líneas eléctricas.

Otro efecto a considerar es el que se produce sobre el patrimonio cultural. La principal afección es en la apertura de accesos y especialmente en las cimentaciones de los apoyos y de la subestación. Durante la ejecución de los proyectos se siguen las recomendaciones realizadas por las autoridades competentes por parte de un arqueólogo acreditado. Durante la fase de planificación no existe información sobre estos elementos, que sí es recabada durante el proyecto de las nuevas instalaciones.

Desde el punto de vista social las infraestructuras de transformación y transporte de energía eléctrica no presentan una aceptación social como lo pueden tener otro tipo de infraestructuras lineales (ferrocarriles, carreteras o líneas de distribución) ya que el beneficio que aporta no es percibido por los ciudadanos de forma particular.

#### 4.4.4 MEDIO PERCEPTUAL

##### 4.4.4.1 PAISAJE

El efecto sobre el paisaje es el resultado de la intromisión de un nuevo elemento en el medio. La magnitud del efecto está en función de la calidad y fragilidad del entorno, que definen el valor intrínseco del medio en el que se encuentre. También influye el potencial número de observadores de las nuevas instalaciones.

Durante la fase de proyecto se establecen medidas preventivas y correctoras que permiten disminuir estos efectos, como el diseño de los corredores alejados de núcleos urbanos y evitando las zonas o enclaves de valor paisajístico o cultural. En la distribución de apoyos se evitan las cumbres, vértices geodésicos, divisorias de aguas así como la apertura de accesos en zonas de elevadas pendientes que puedan suponer una gran modificación de la fisiografía del terreno.



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

ESTUDIO DE LA LÍNEA DE ALTA TENSION DE DOBLE  
CIRCUITO CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA

PRESUPUESTO

David Sánchez Labiano

Vicente Senosiain Miquélez

Pamplona, 24 de Julio de 2015

## **ÍNDICE PRESUPUESTO**

<b>5.1 DESGLOSE</b>	<b>224</b>
5.1.1 Ingeniería	224
5.1.2 Tramitaciones oficiales	224
5.1.3 Permisos y daños	224
5.1.4 Materiales	224
5.1.5 Dirección, inspección y vigilancia	225
5.1.6 Obra civil	225
5.1.7 Montaje	225
5.1.8 Almacenamiento	225
5.1.9 Programa de vigilancia ambiental	225
5.1.10 Varios	226
<b>5.2 RESUMEN</b>	<b>227</b>

## 5.1 DESGLOSE

Los precios de las diferentes obras, gestiones o materiales del proyecto, han sido obtenidos del presupuesto ya hecho del anteproyecto de la línea. Se ha querido especificar en la medida de lo posible, los gastos parciales, incluyendo la cantidad de material calculado.

### 5.1.1 INGENIERÍA

En este apartado se contabilizan los gastos relacionados con las gestiones de ingeniería del proyecto en total. Se desglosa en tres partes:

- Ingeniería de Media Ambiente.....20.000 euros
- Ingeniería de Proyecto.....48.000 euros
- Ingeniería de Gestión.....5.000 euros

**TOTAL INGENIERÍA.....73.000 euros**

### 5.1.2 TRAMITACIONES OFICIALES

En este concepto se incluyen todos los importes que se deben de abonar por las autorizaciones, licencias, tramitaciones de expedientes, visados, tasas, etc., a los diferentes organismos o entidades:

**TOTAL TRAMITACIONES.....10.000 euros**

### 5.1.3 PERMISOS Y DAÑOS

Para el pago a los propietarios afectados de los derechos de servidumbre de paso de la línea o emplazamiento de los apoyos, construcción de accesos, pago de daños, etc.:

**TOTAL PERMISOS Y DAÑOS.....530.000 euros**

### 5.1.4 MATERIALES

Aquí se incluye el gasto total de materiales utilizados en la obra, desglosado de manera parcial:

- Apoyos, tornillería y anclajes.....2.230.000 euros
- Conductores.....2.572.000 euros
- Aisladores
  - [Apoyos de alineación: 93] x [Aisladores por apoyo: 252] = 23436 aisladores
  - [Apoyos de anclaje: 36] x [Aisladores por apoyo: 264] = 9504 aisladores



- Total: 32940 aisladores x 16,54 euros.....542.000 euros
  - Sistemas de fibra óptica.....180.000 euros
  - Herrajes y otros materiales.....1.000 euros
- TOTAL MATERIALES.....5.252.000 euros**

#### 5.1.5 DIRECCIÓN, INSPECCIÓN Y VIGILANCIA

Se incluye en este concepto los trabajos de dirección de obra, elaboración de pliegos de condiciones y especificaciones técnicas, propuestas de adjudicación, verificación, etc.

**TOTAL DIRECCIÓN, INSPECCIÓN Y VIGILANCIA.....96.000 euros**

#### 5.1.6 OBRA CIVIL

En lo referido a obra civil, se incluyen apertura de pistas, explanación, excavación y hormigonado.

**TOTAL OBRA CIVIL.....975.000 euros**

#### 5.1.7 MONTAJE

Aquí solamente se incluyen la parte de las obras referidas solamente al montaje de los apoyos de la línea. Se incluyen dos partes:

- Armado e izado.....1.535.000 euros
- Tendido.....1.072.000 euros

**TOTAL MONTAJE.....2.607.000 euros**

#### 5.1.8 ALMACENAMIENTO

Gastos varios relacionados con el almacenamiento temporal de los materiales en almacenes vigilados, incluyendo la carga, descarga y control de los mismos.

**TOTAL ALMACENAMIENTO.....20.000 euros**

#### 5.1.9 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

En lo referido a la inversión de la vigilancia ambiental, se han incluido los gastos de supervisión y monitoreo ambiental.

**TOTAL ALMACENAMIENTO.....72.000 euros**

**5.1.10 VARIOS**

Se incluyen varios servicios de tipo no técnicos.

**TOTAL VARIOS.....5.000 euros**

## 5.2 RESUMEN

Para finalizar se calcula el presupuesto total de la obra:

1. INGENIERÍA.....	73.000 euros
2. TRAMITACIONES OFICIALES.....	10.000 euros
3. PERMISOS Y DAÑOS.....	530.000 euros
4. MATERIALES.....	5.525.000 euros
5. DIRECCIÓN, INSPECCIÓN Y VIGILANCIA.....	96.000 euros
6. OBRA CIVIL.....	975.000 euros
7. MONTAJE.....	2.607.000 euros
8. ALMACENAMIENTO.....	20.000 euros
9. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	72.000 euros
10. VARIOS.....	5.000 euros
<b>TOTAL.....</b>	<b>9.913.000 eur</b>



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

ESTUDIO DE LA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN DE DOBLE  
CIRCUITO CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA

### BIBLIOGRAFÍA

David Sánchez Labiano

Vicente Senosiain Miquélez

Pamplona, 24 de Julio de 2015

## **ÍNDICE BIBLIOGRAFÍA**

<b>6.1 LIBROS Y MATERIAL DIDÁCTICO</b>	<b>229</b>
<b>6.1 CATÁLOGOS DE MATERIAL</b>	<b>230</b>
<b>6.1 DOCUMENTACIÓN ADICIONAL</b>	<b>231</b>

## 6.1 LIBROS Y MATERIAL DIDÁCTICO

- CÁLCULO Y DISEÑO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN. **GARCETA**

P. Simón, F. Garnacho, J. Moreno, A. González

- LÍNEAS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA. **MARCOMBO**

Luis María Checa

- RLAT. REGLAMENTOS LINEAS ELECTRICAS ALTA TENSION. **GARCETA**

## 6.2 CATÁLOGOS DE MATERIAL

- AISLADORES. LA GRANJA
- APOYOS. FUNTAM
- CABLES DE GUARDA OPGW. AFL
- CADENAS AMARRE. SAPREM
- CADENAS SUSPENSIÓN. SAPREM
- CONDUCTORES. SOLIDAL
- HERRAJES OPGW. HC ENERGÍA
- HERRAJES OPGW. SAPREM
- HERRAJES Y ACCESORIOS PARA LÍNEAS. IBERDROLA
- HERRAJES. ANDEL
- HERRAJES. CONHESA
- HERRAJES. ENDESA
- HERRAJES. MADE
- HERRAJES. PLP DISTRIBUCIÓN
- HERRAJES. PLP TRANSMISIÓN
- HERRAJES. UNIÓN FENOSA

## 6.3 DOCUMENTACIÓN ADICIONAL

- ANTEPROYECTO LÍNEA CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA. REE
- ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA. REE
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. AT-40004
- BOLÉTIN OFICIAL DE NAVARRA. AT-40004





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

ESTUDIO DE LA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN DE DOBLE  
CIRCUITO CASTEJÓN-MURUARTE DE RETA

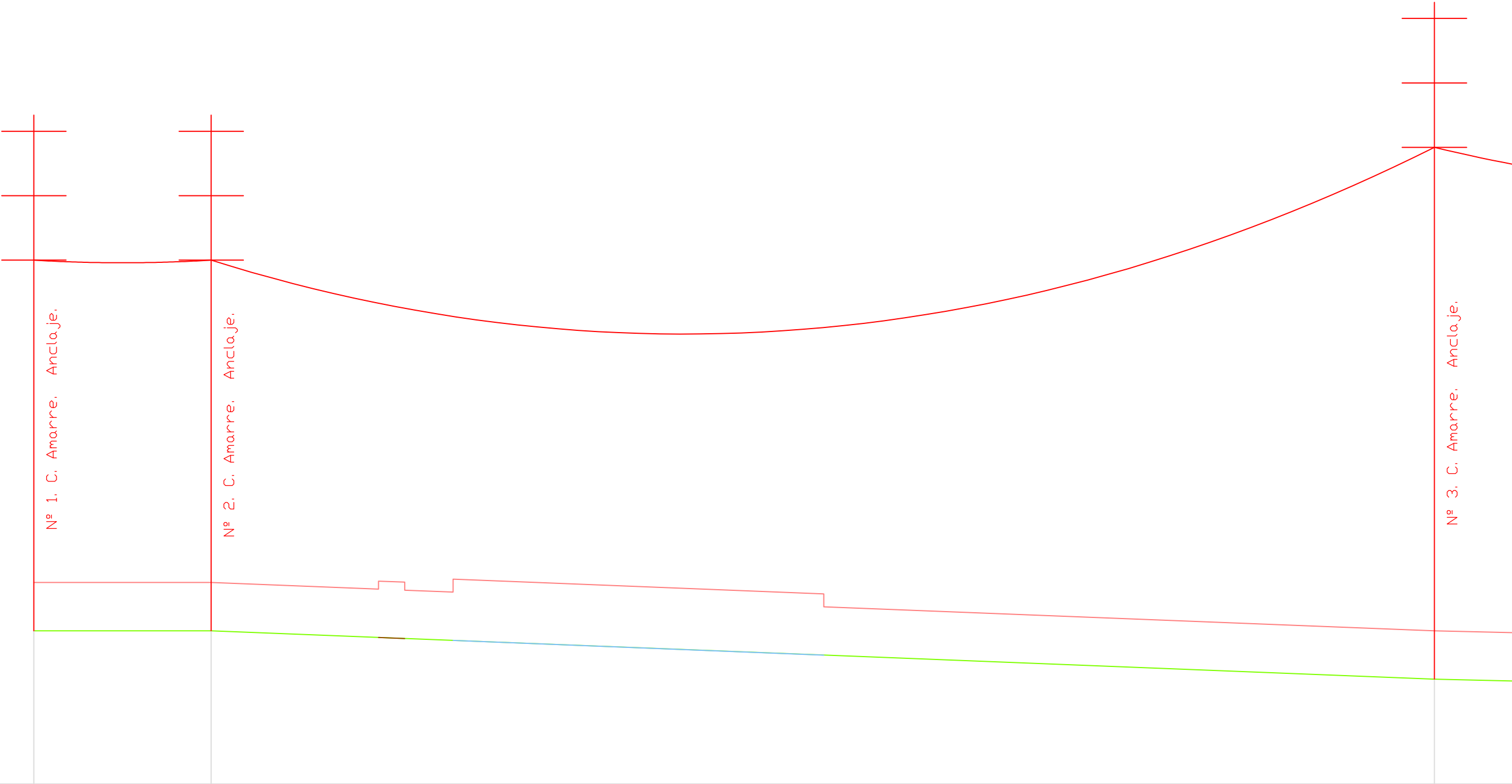
ANEXO PLANO PERFIL Y PLANTA DE LA LÍNEA

David Sánchez Labiano

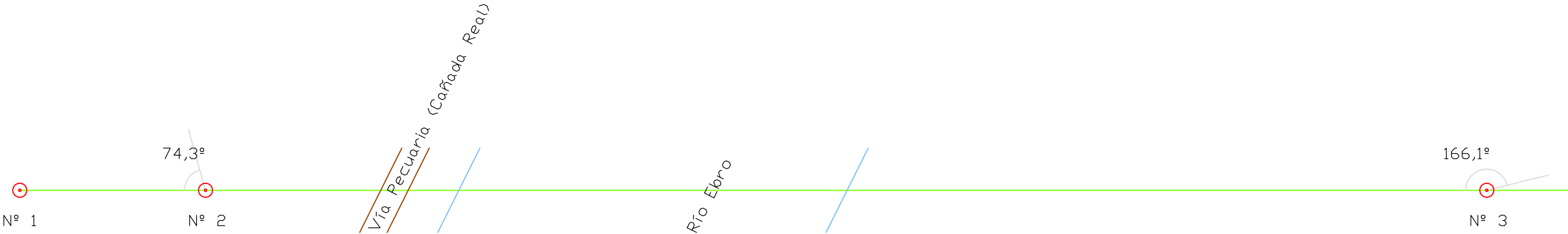
Vicente Senosiain Miquélez

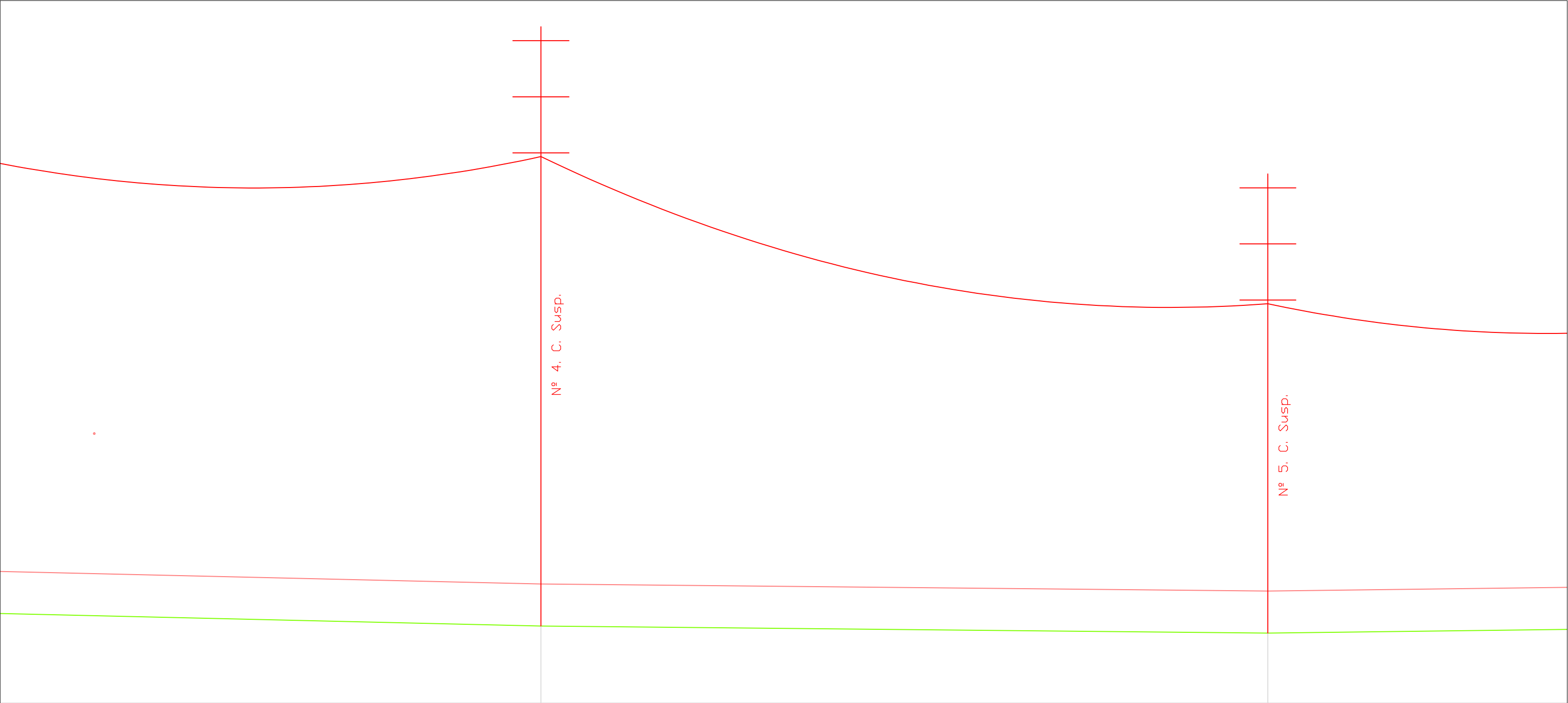
Pamplona, 24 de Julio de 2015

PERFIL

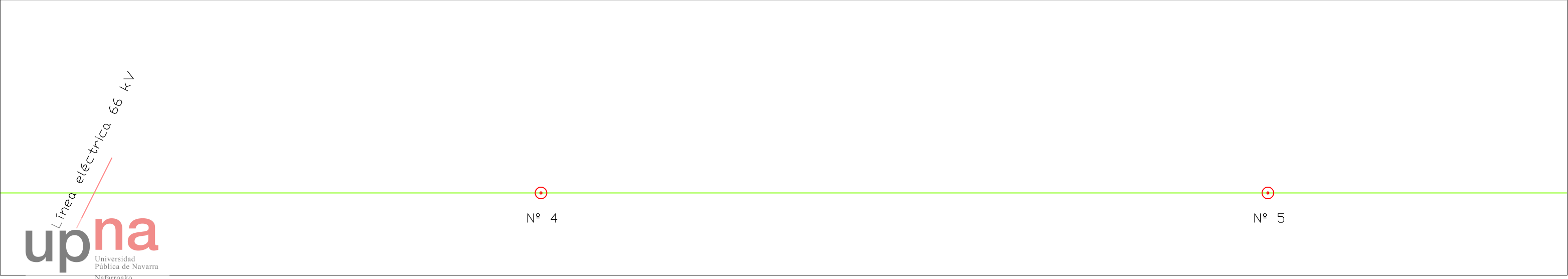


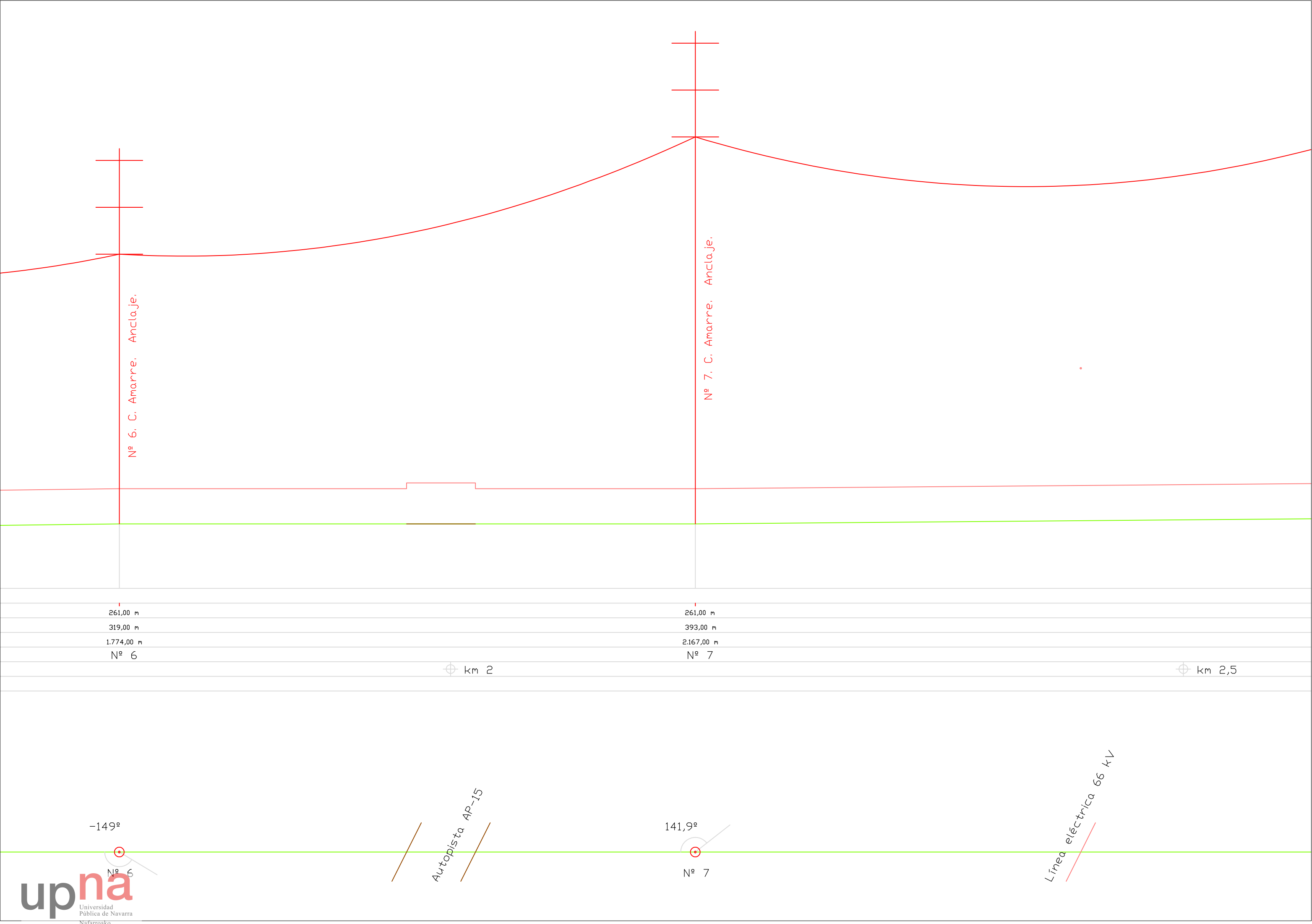
Estaciones:			
Cotas del terreno:	269,00 m	269,00 m	263,00 m
Distancias Parciales:	0,00 m	88,00 m	607,00 m
Distancias al origen:	0,00 m	88,00 m	695,00 m
Número de apoyo y vano:	Nº 1	Nº 2	Nº 3
Longitud de la línea en Km:	⊕ km 0		⊕ km 0,5
Parcelas y longitudes:			

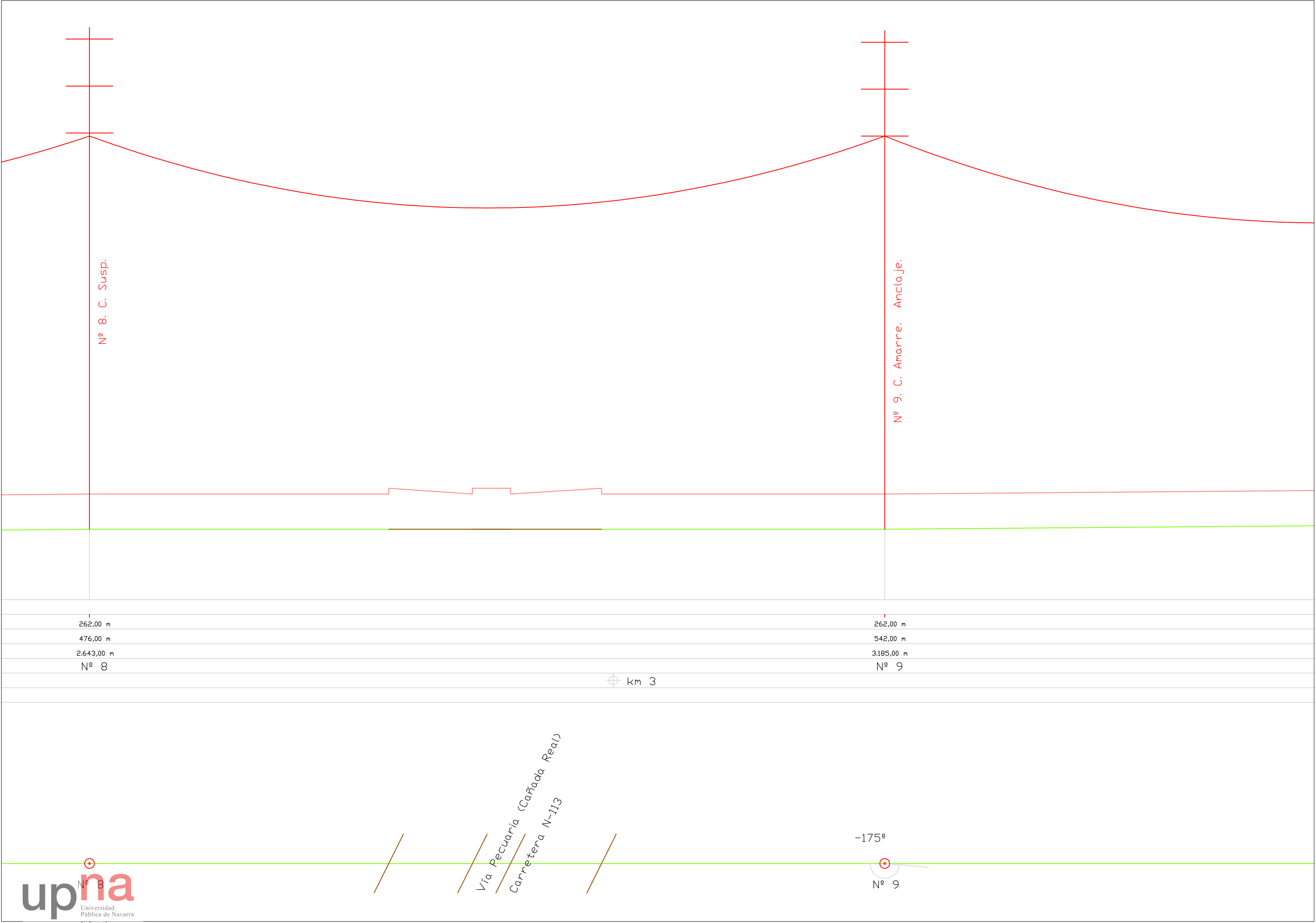


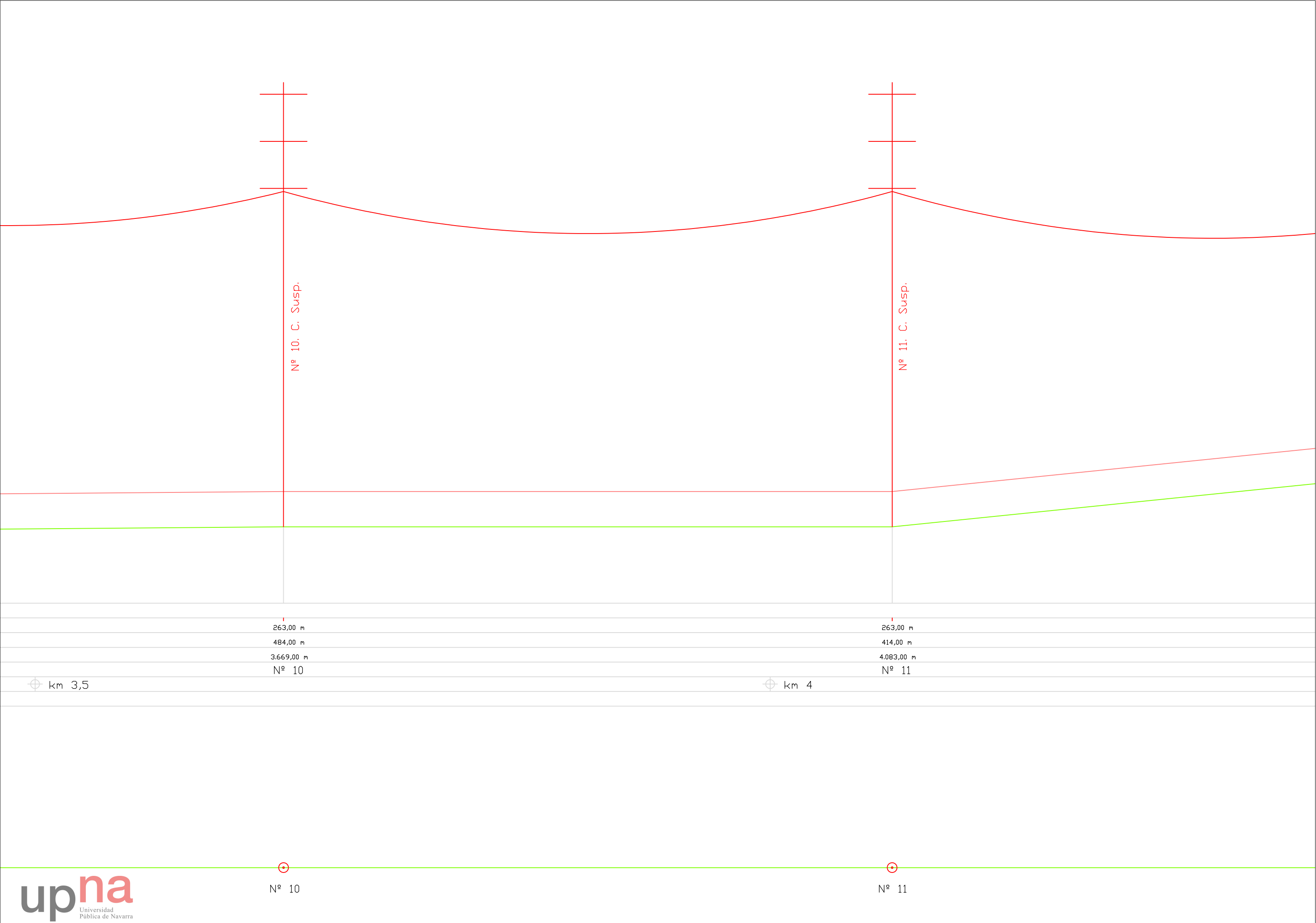


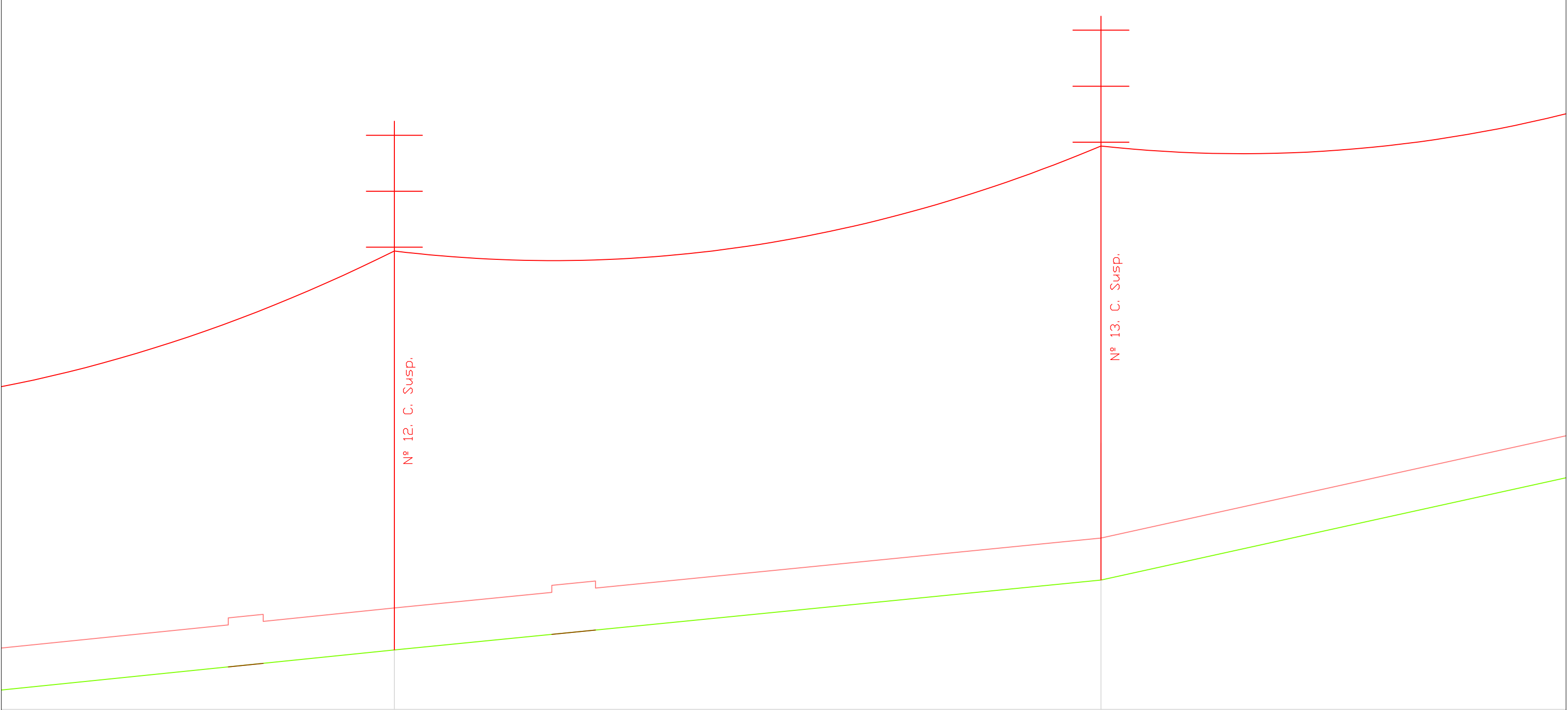
	261,00 m		260,00 m
	345,00 m		415,00 m
	1.040,00 m		1.455,00 m
	Nº 4		Nº 5
⊕ km 1			⊕ km 1,5











	278,00 m	288,00 m
	589,00 m	404,00 m
	4.672,00 m	5.076,00 m
	Nº 12	Nº 13
⊕ km 4,5		⊕ km 5

Vía Pecuaria (Cañada Real)

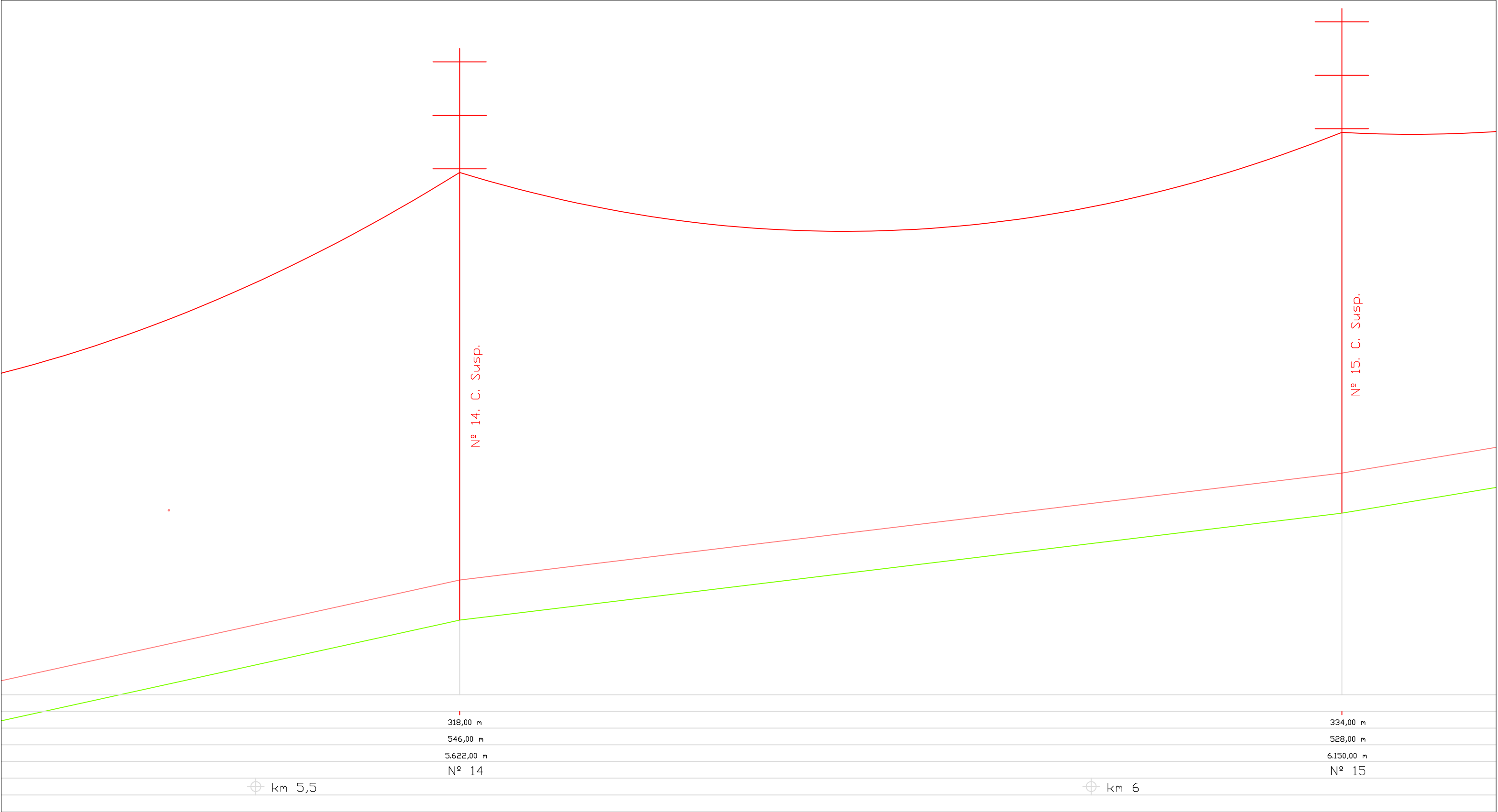
Carretera NA-134



Nº 12



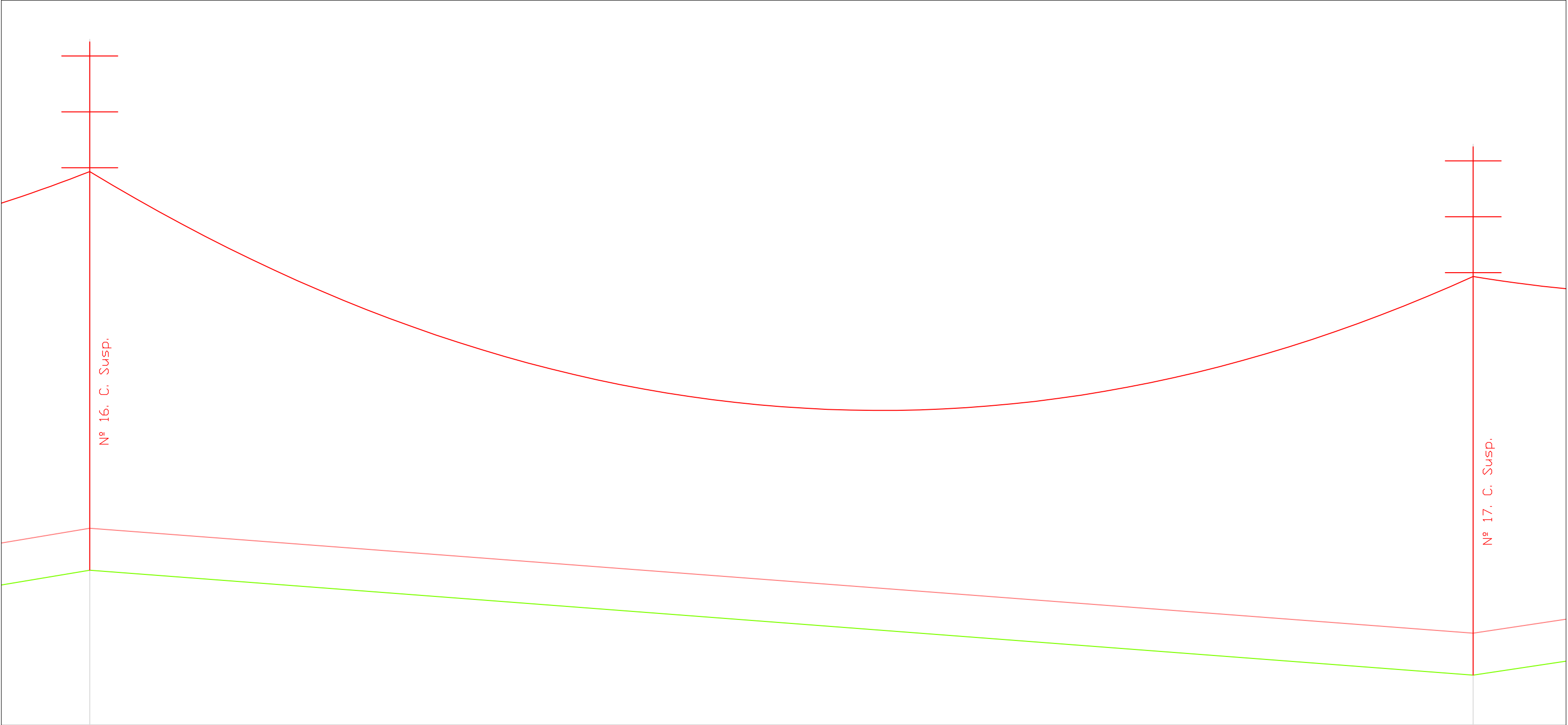
Nº 13



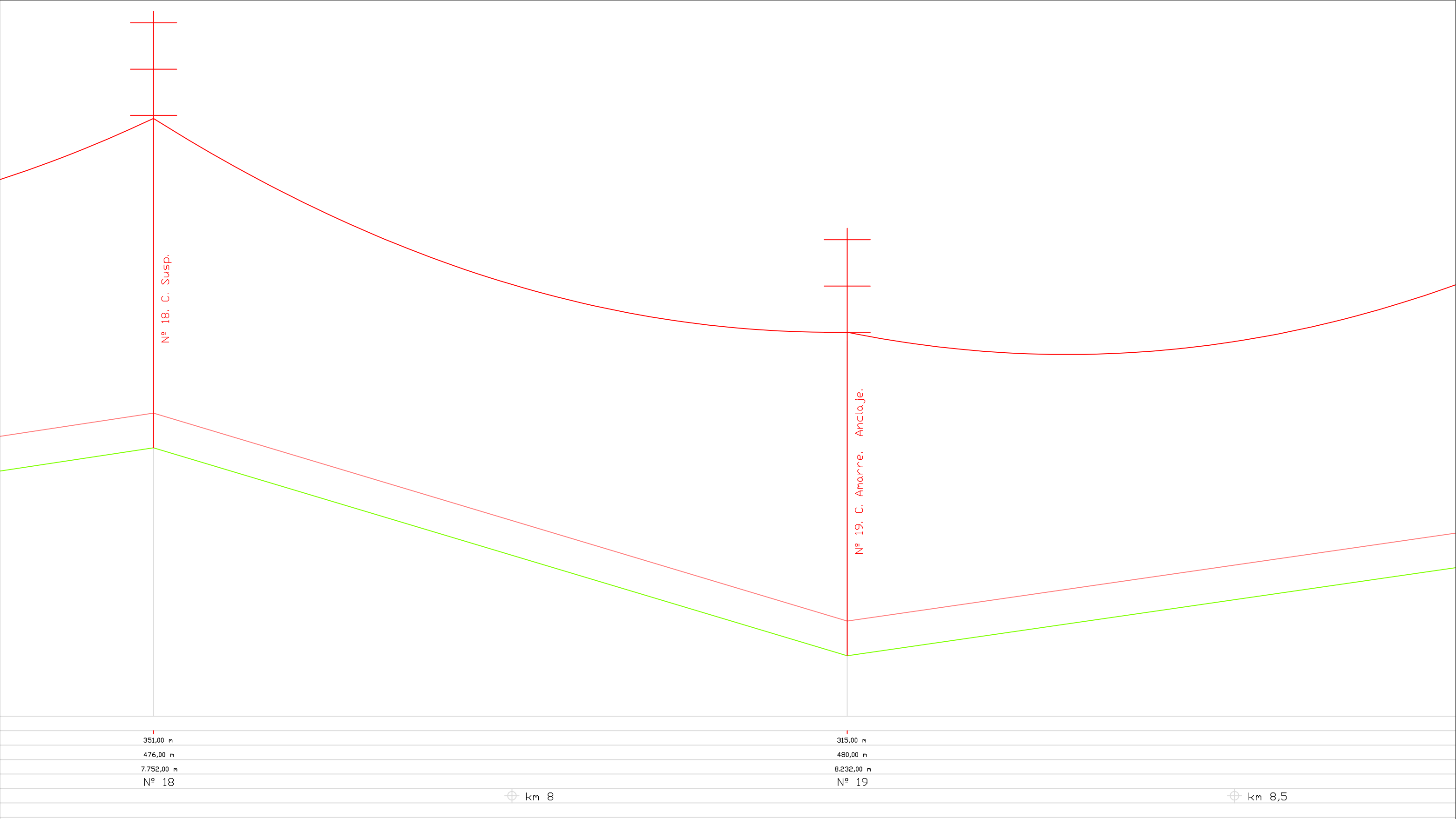
Nº 14

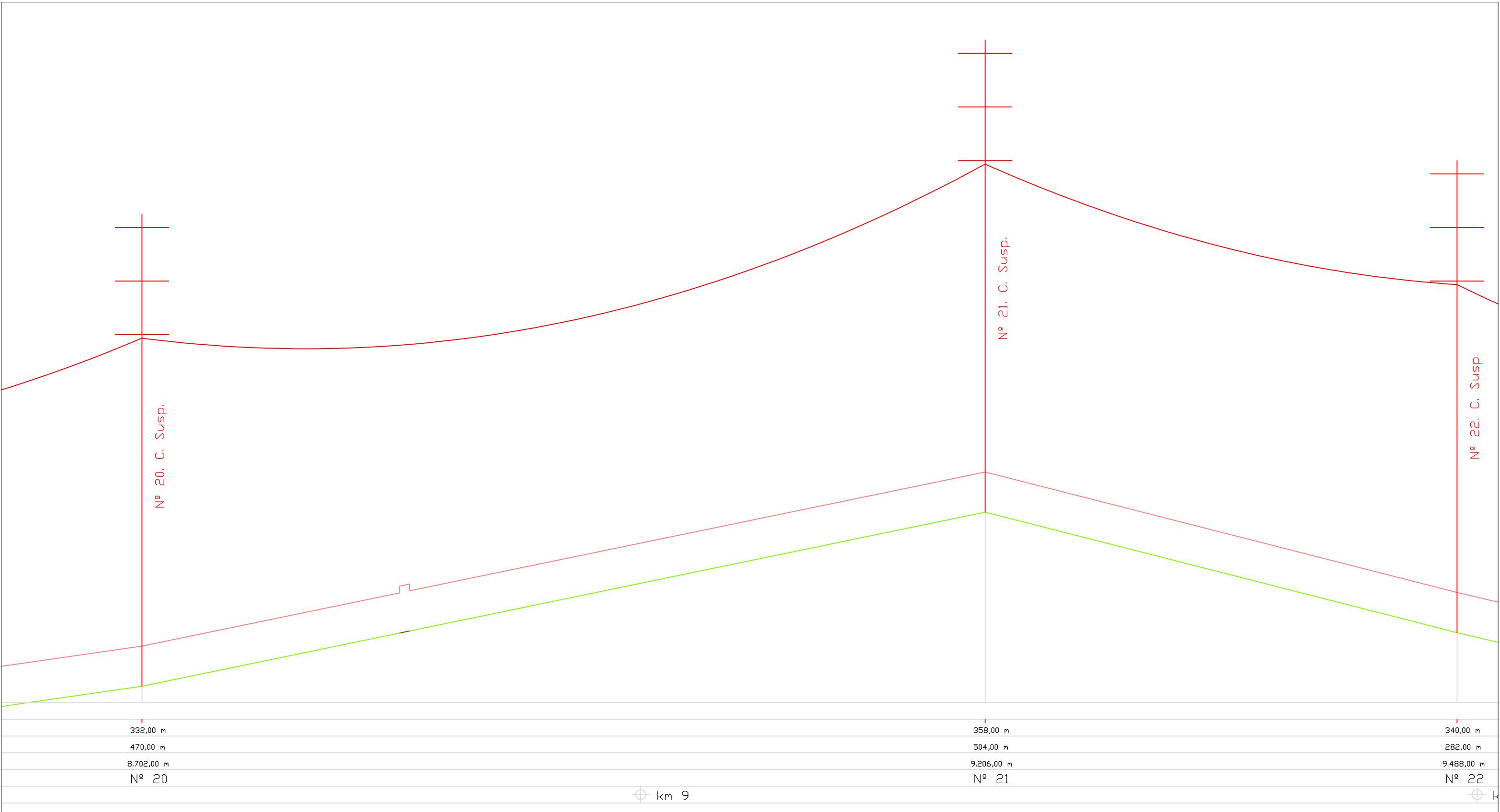
Nº 15





348,00 m	333,00 m
335,00 m	791,00 m
6.485,00 m	7.276,00 m
Nº 16	Nº 17
⊕ km 6,5	⊕ km 7





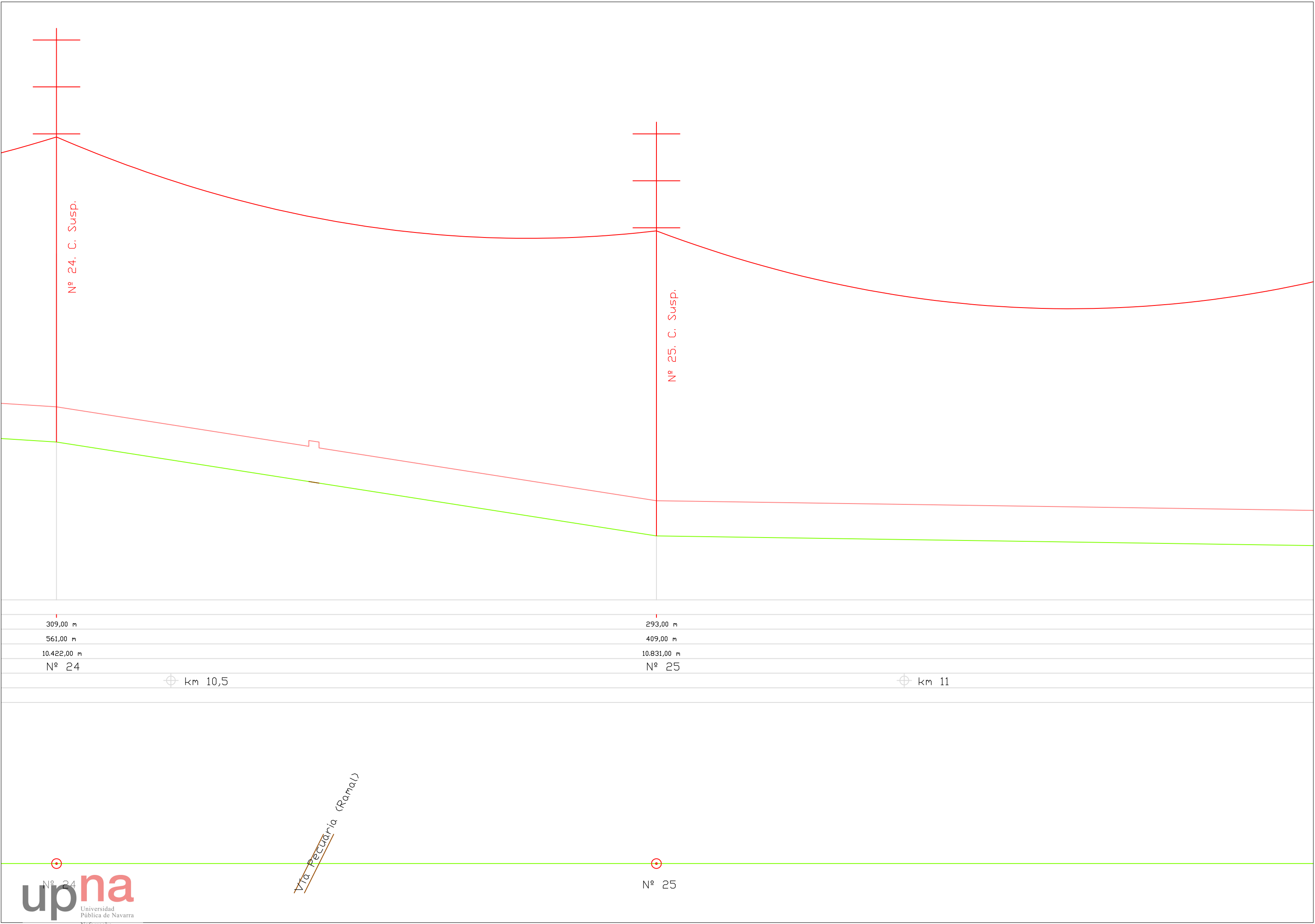
upna  
Universidad  
Pública de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

Vía Pecuaria (Pasada)

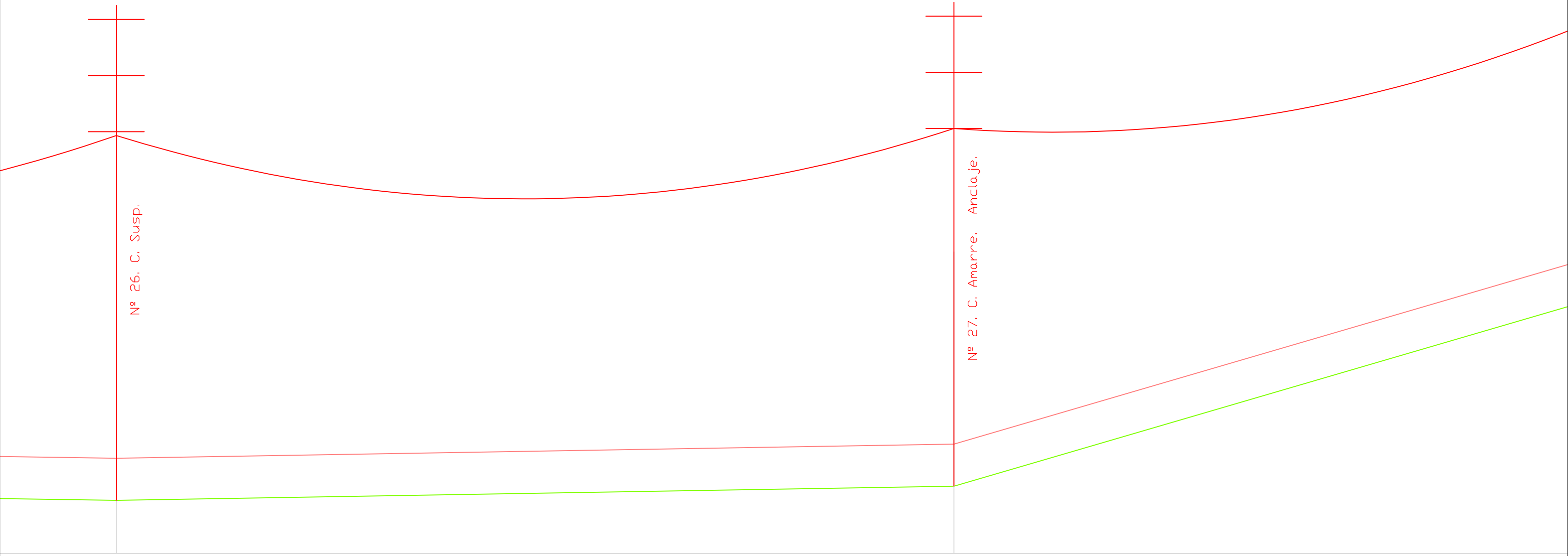
Nº 21

Nº 22

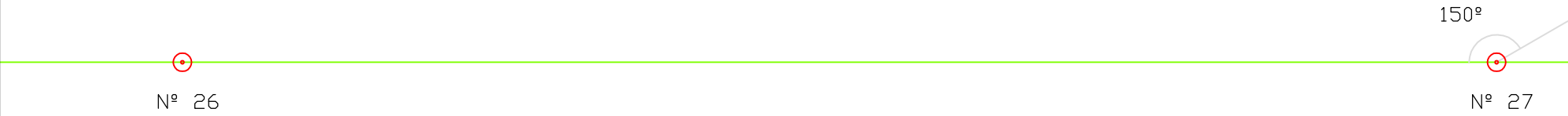


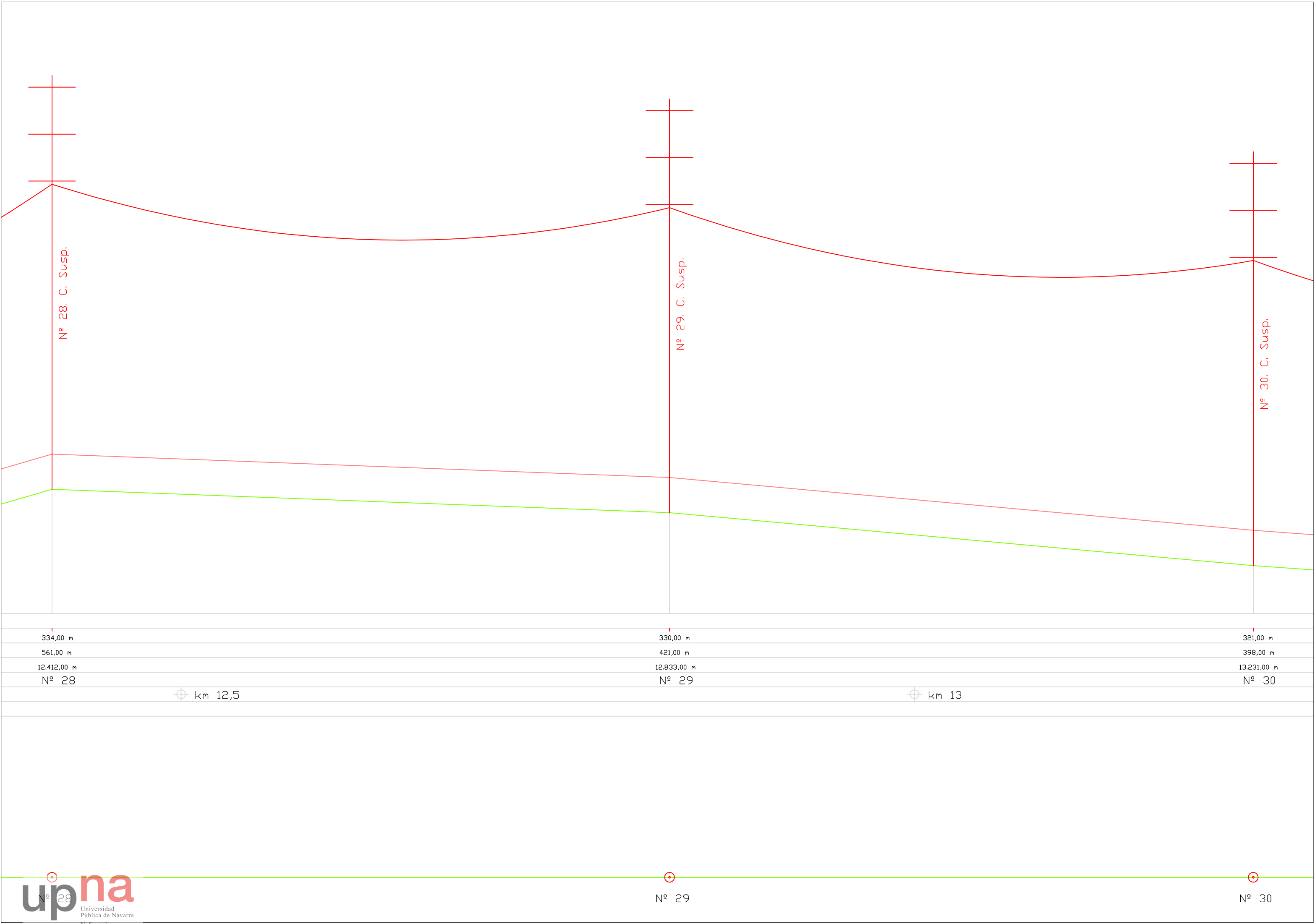


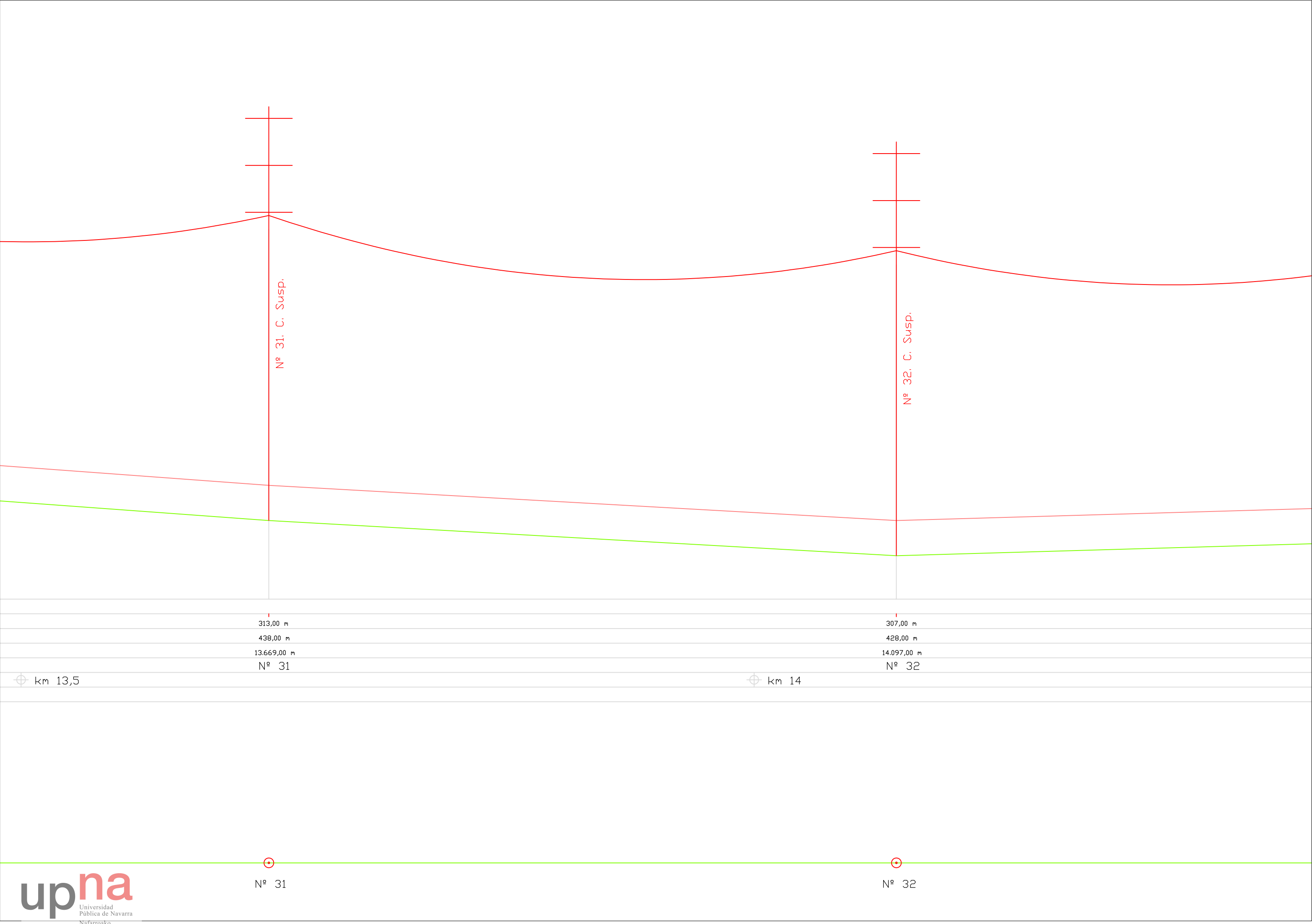
Vía Pecuaría (Ramal)



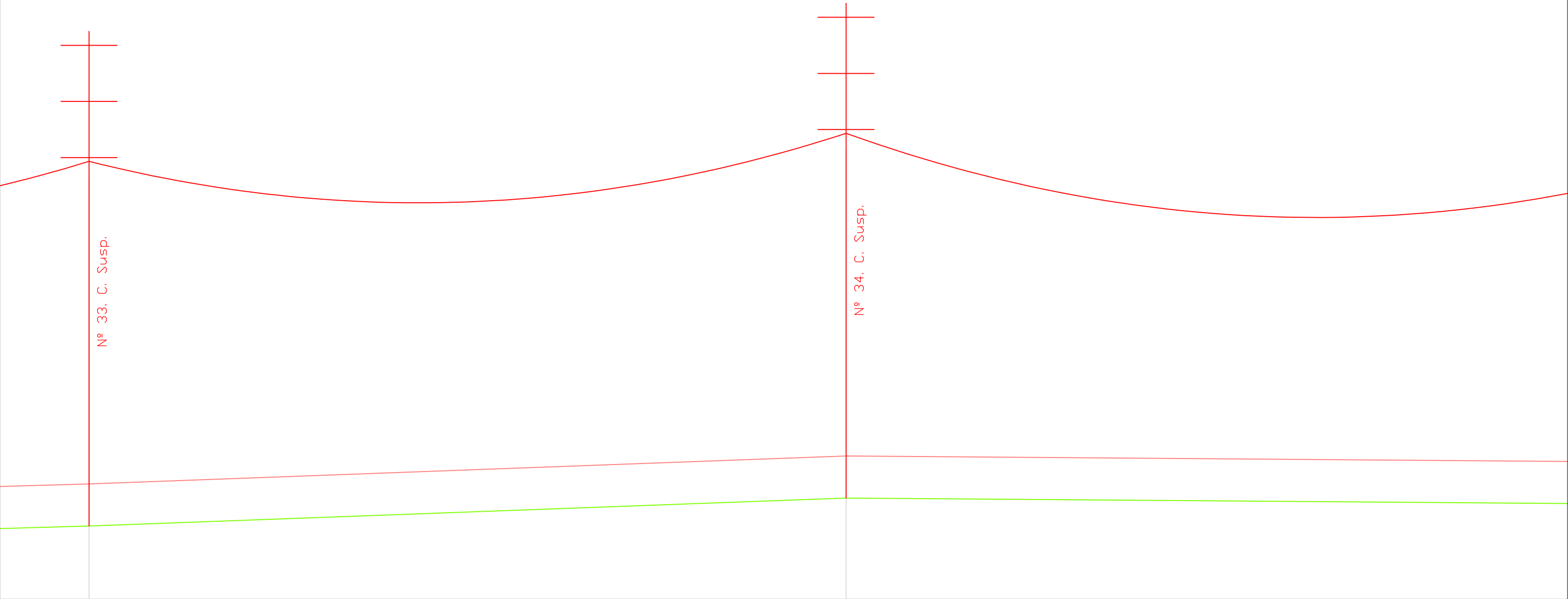
291,00 m	293,00 m
542,00 m	478,00 m
11.373,00 m	11.851,00 m
Nº 26	Nº 27
⊕ km 11,5	⊕ km 12



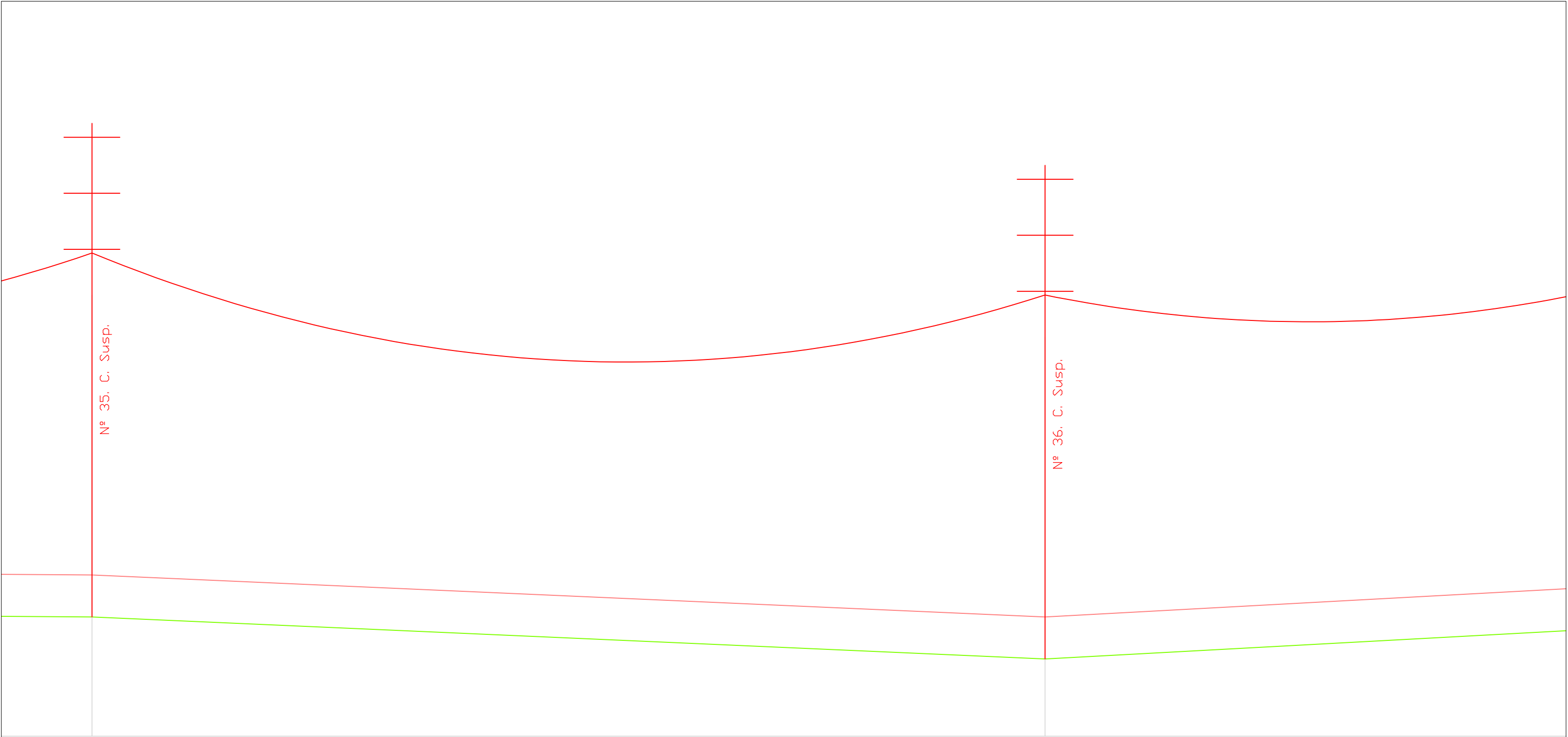




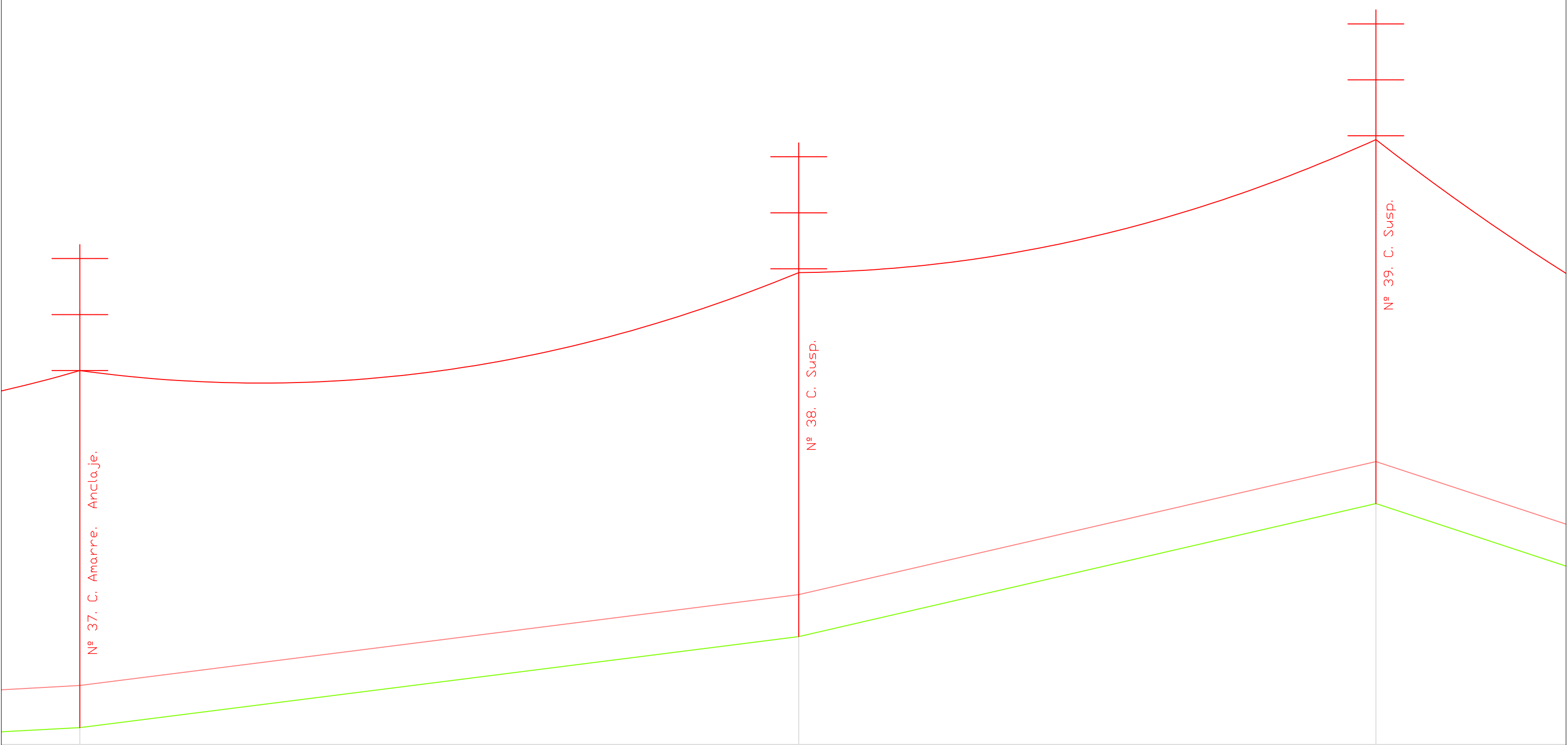




310,00 m	314,00 m
417,00 m	432,00 m
14.514,00 m	14.946,00 m
Nº 33	Nº 34
⊕ km 14,5	⊕ km 15



313,00 m	307,00 m
525,00 m	545,00 m
15.471,00 m	16.016,00 m
Nº 35	Nº 36
⊕ km 15,5	⊕ km 16



312,00 m	325,00 m	344,00 m
368,00 m	411,00 m	330,00 m
16.384,00 m	16.795,00 m	17.125,00 m
Nº 37	Nº 38	Nº 39
⊕ km 16,5		⊕ km 17

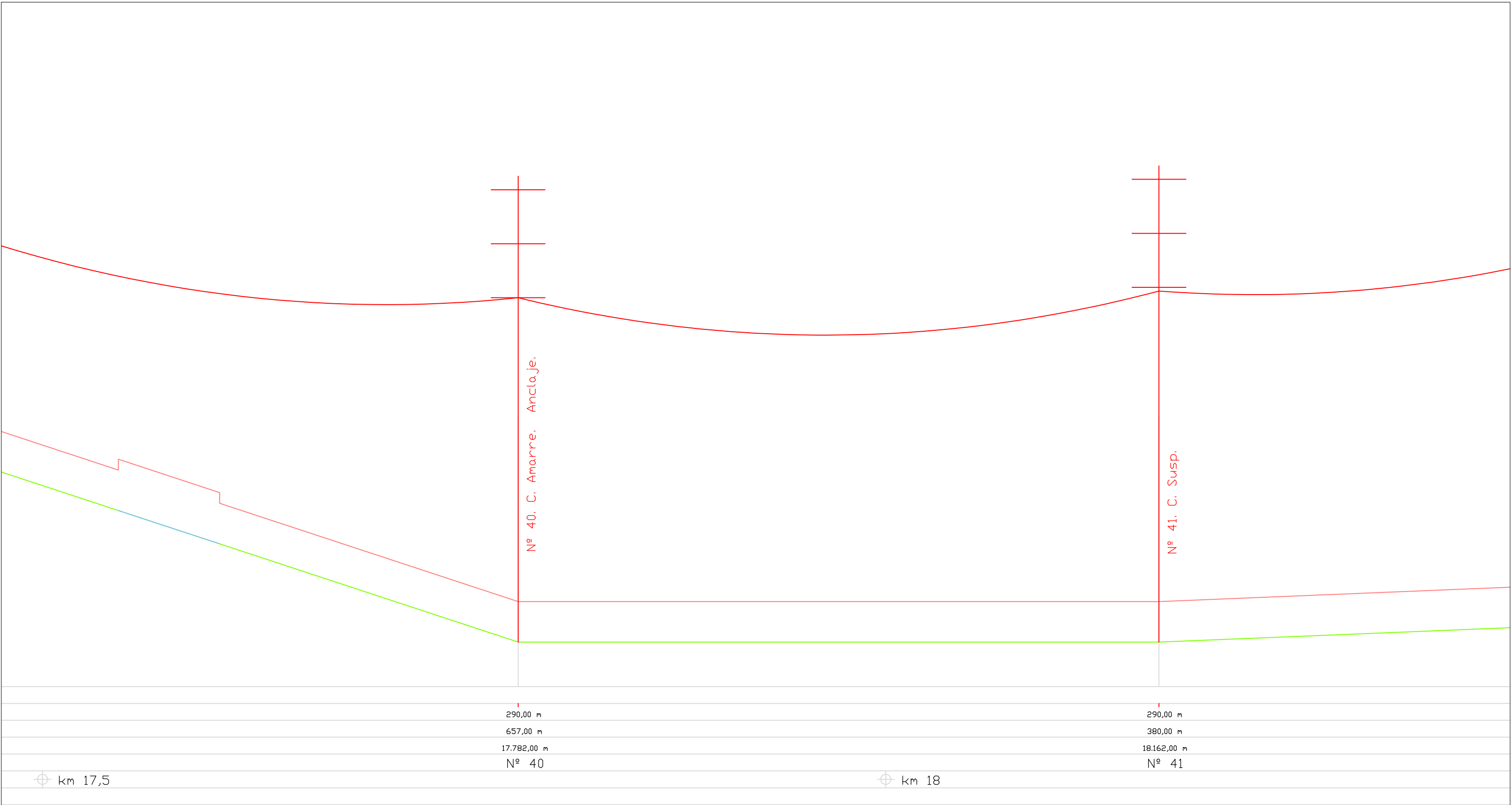
-147,2°

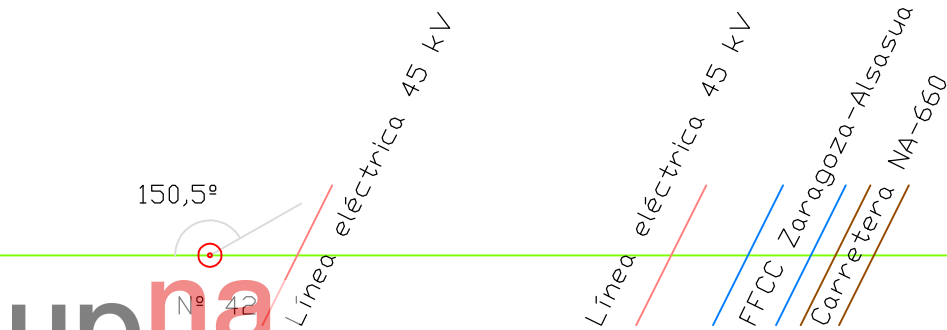
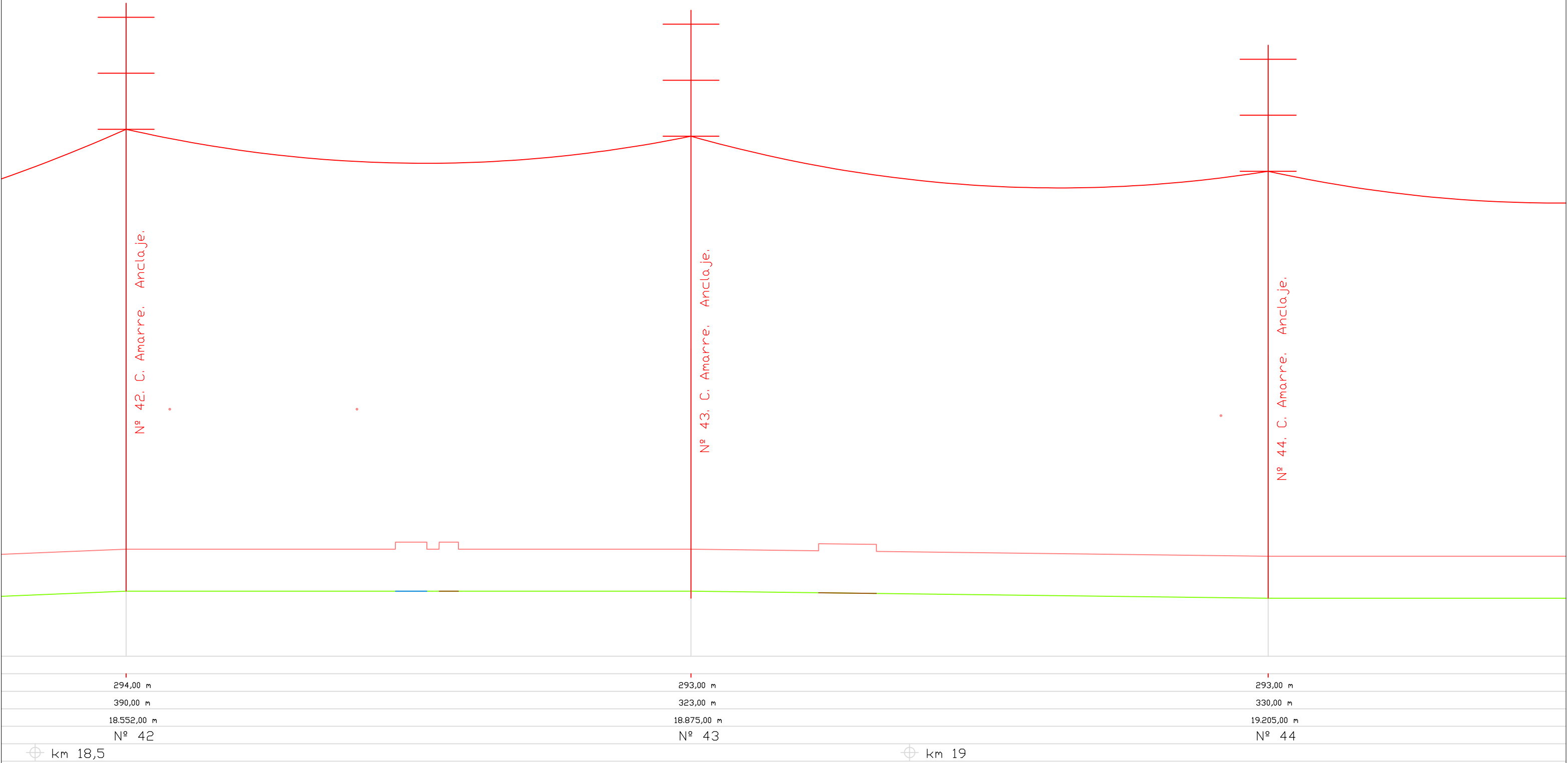


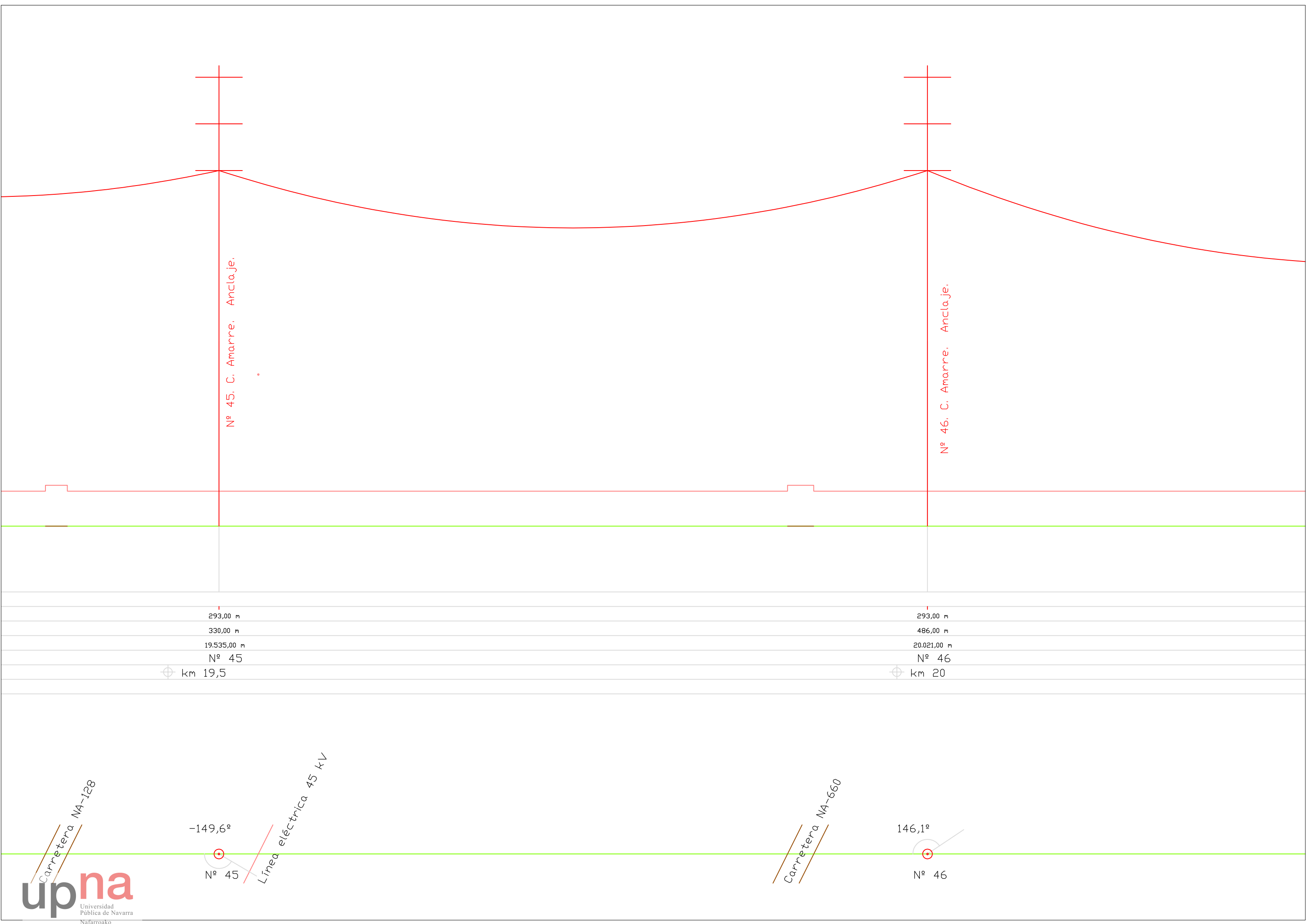
Nº 38

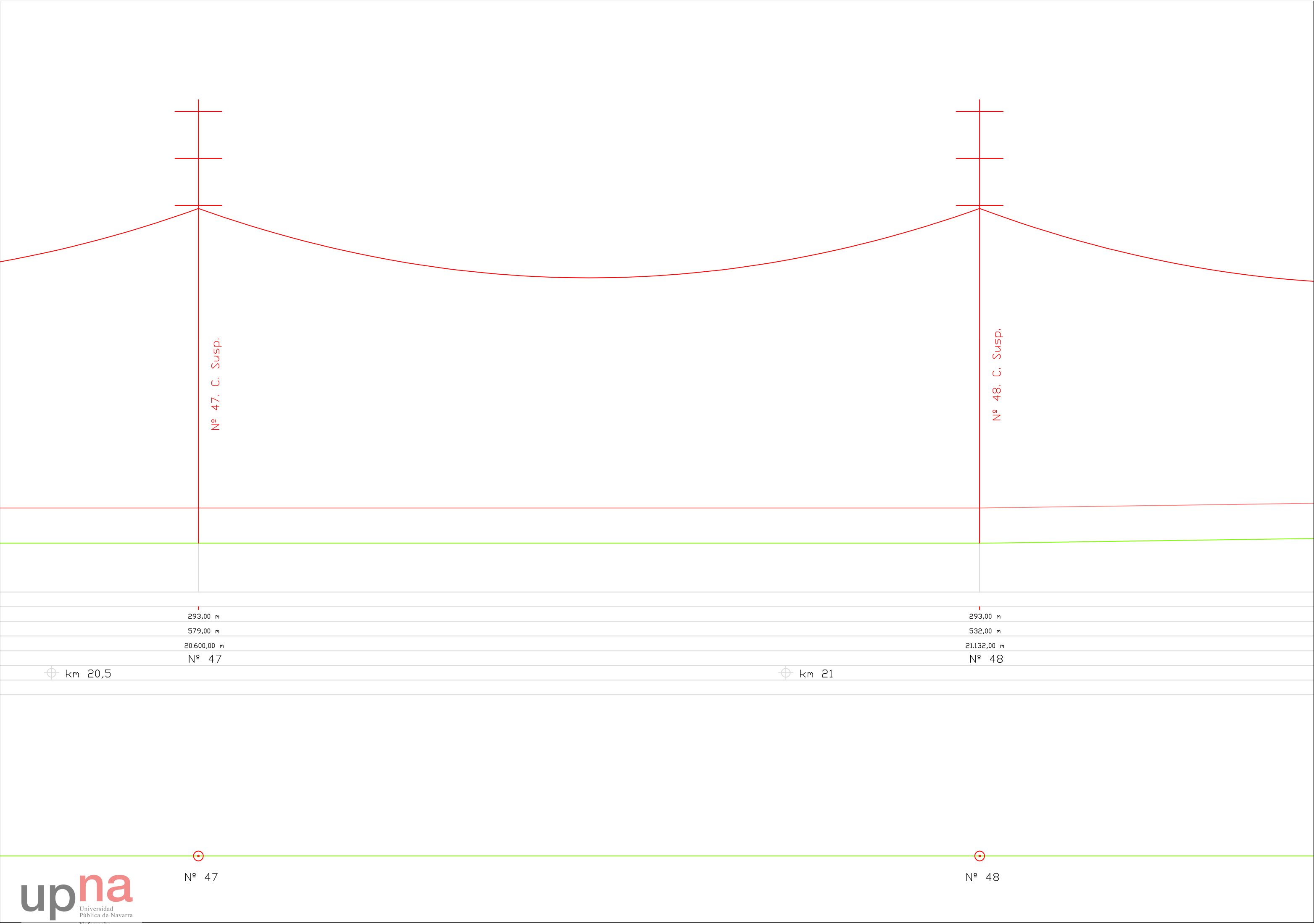


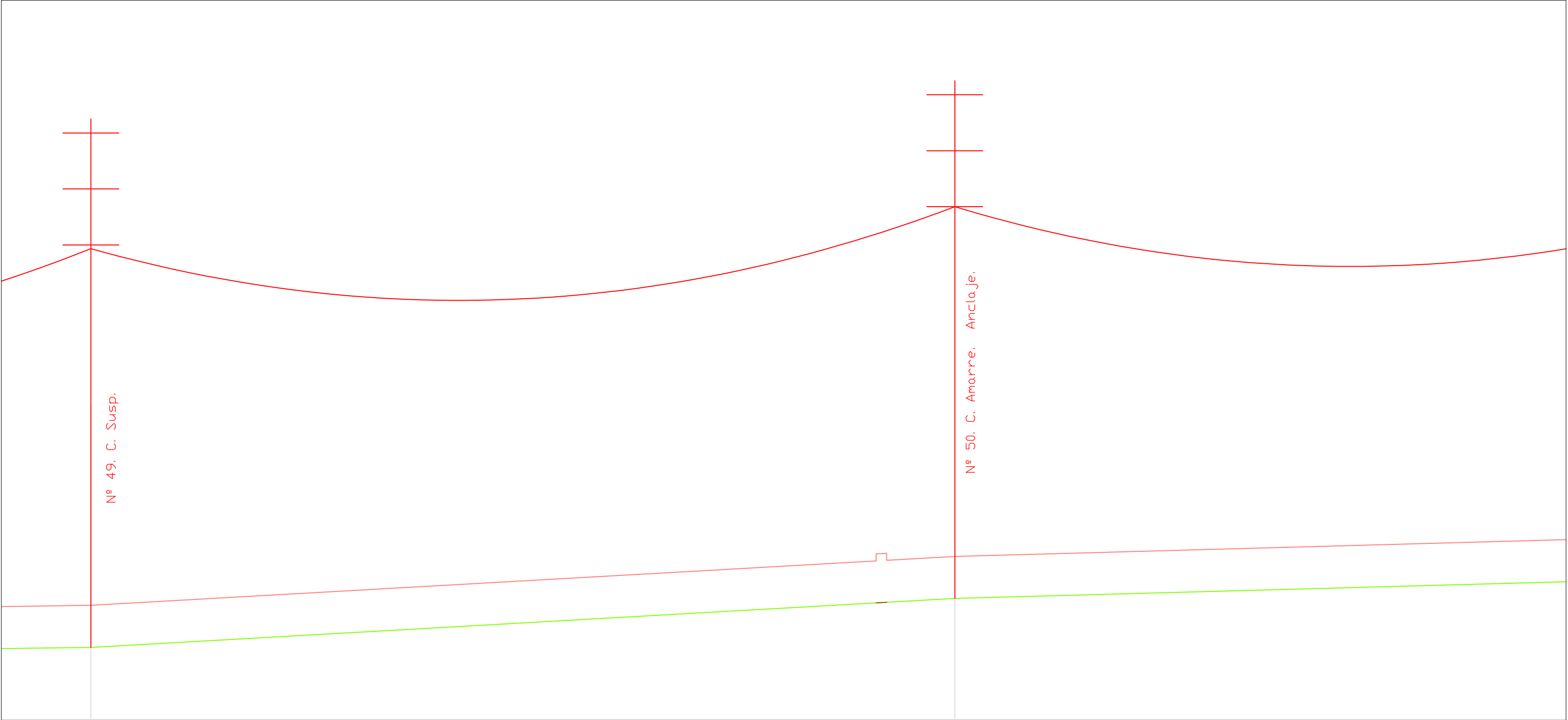
Nº 39





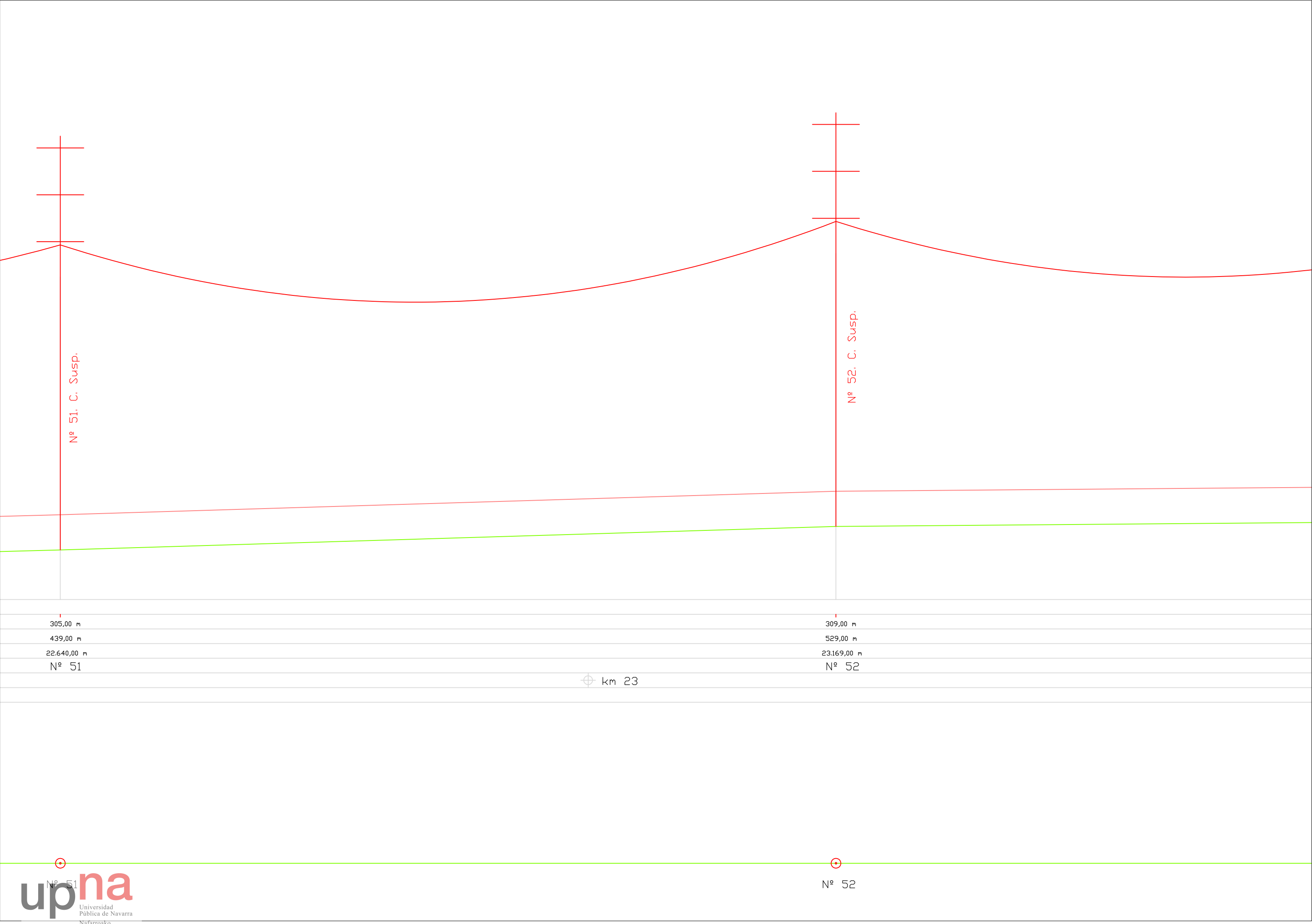


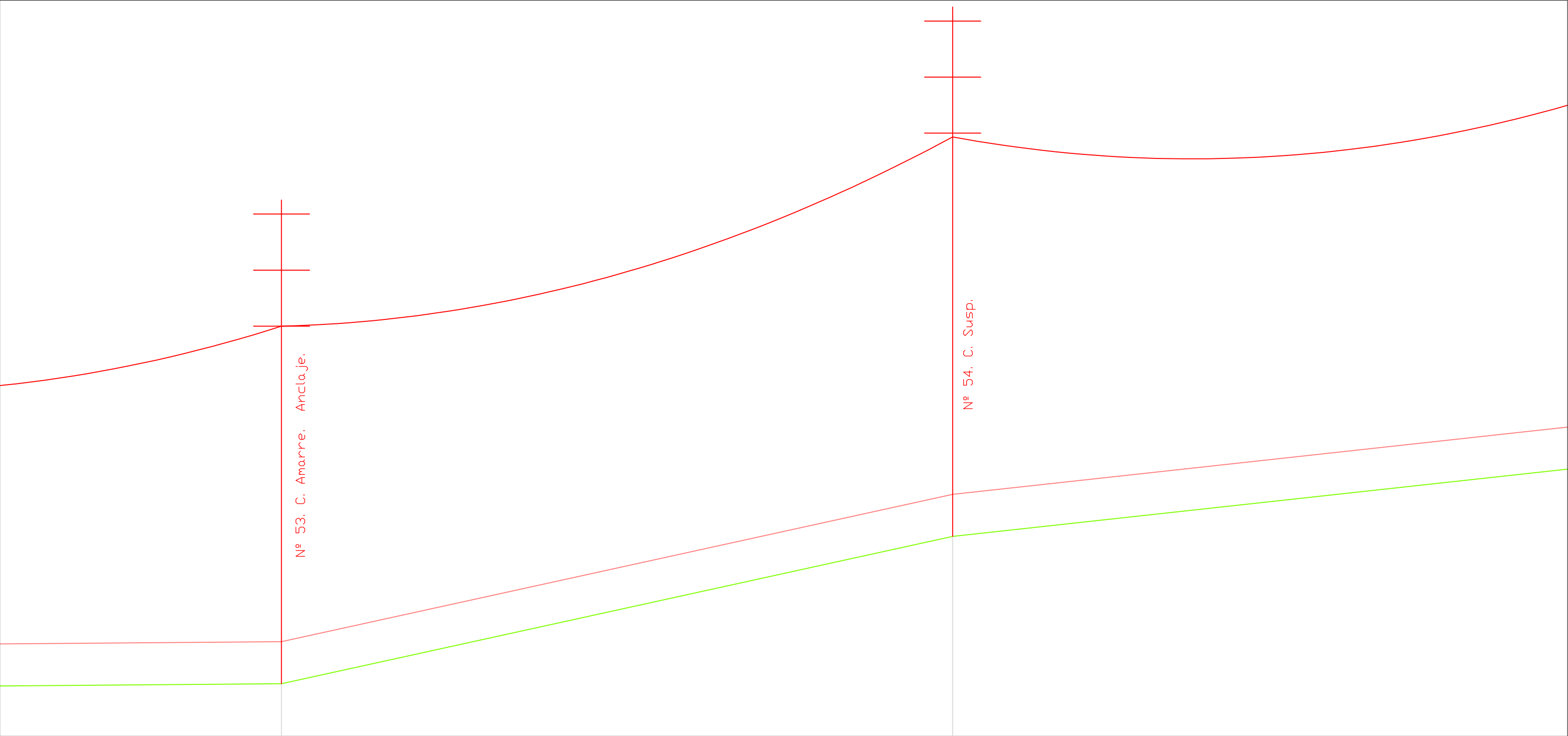




295,00 m	302,00 m
575,00 m	494,00 m
21.707,00 m	22.201,00 m
Nº 49	Nº 50
⊕ km 22	⊕ km 22,5

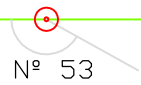


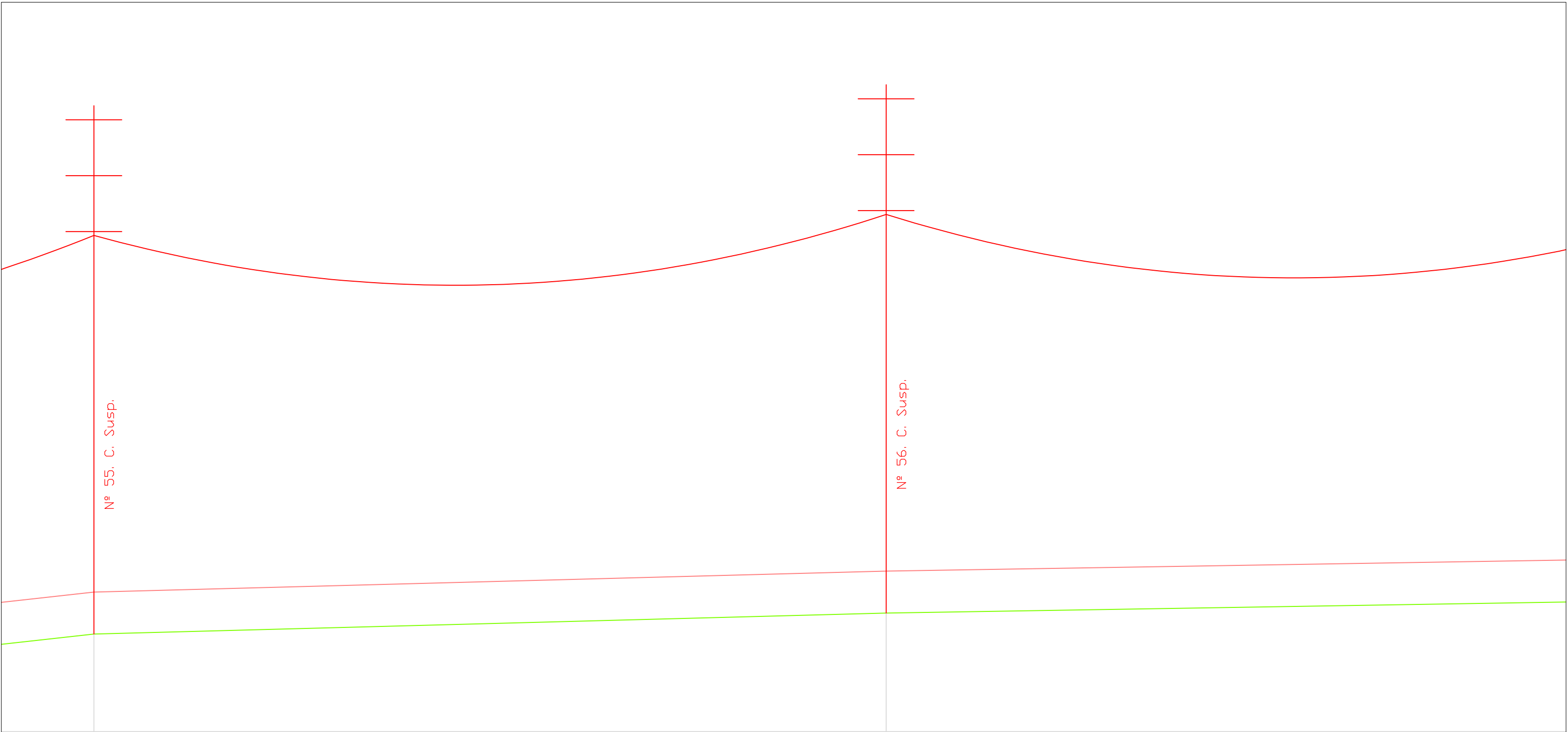




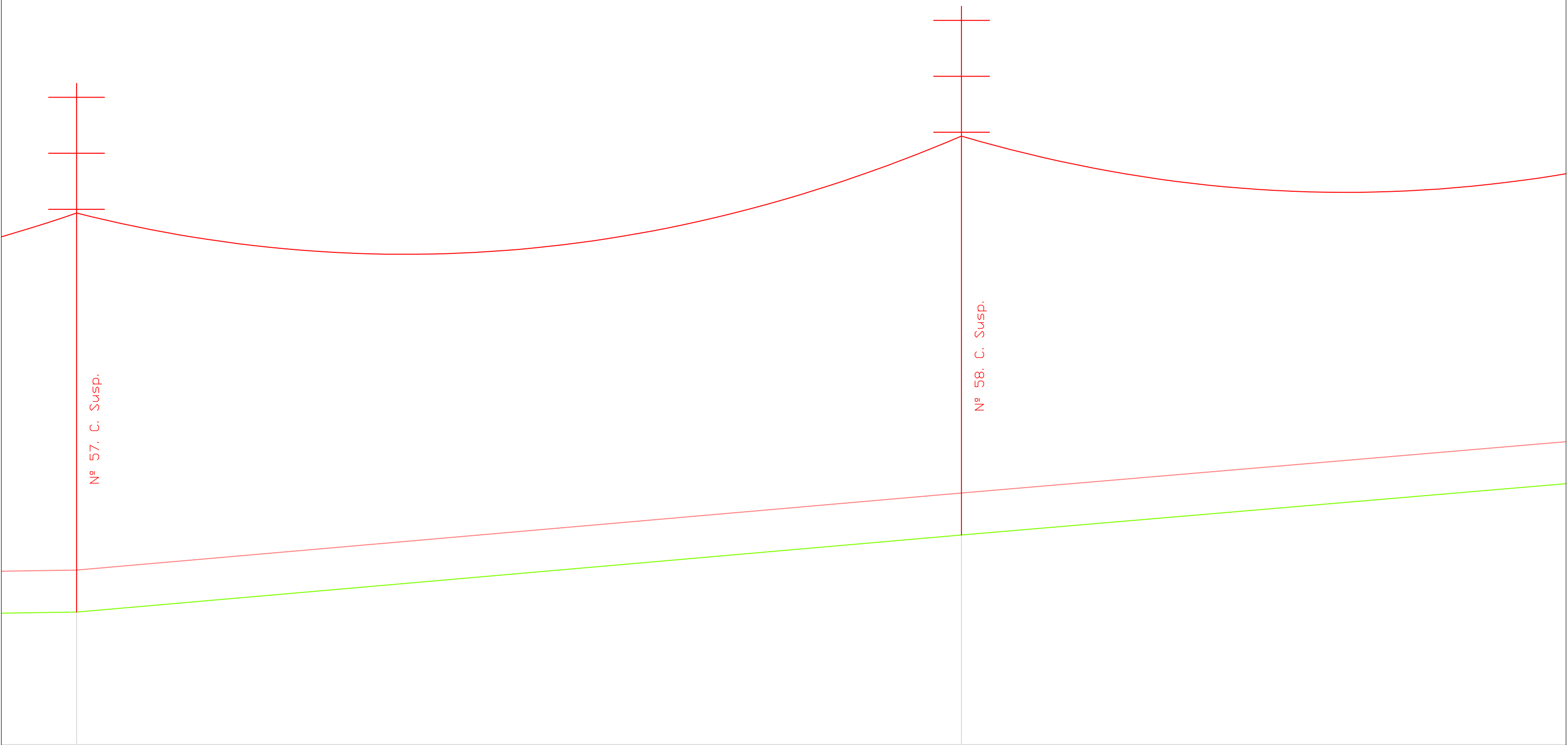
	310,00 m	331,00 m
	477,00 m	383,00 m
	23.646,00 m	24.029,00 m
	Nº 53	Nº 54
⊕ km 23,5		⊕ km 24

-150,9º

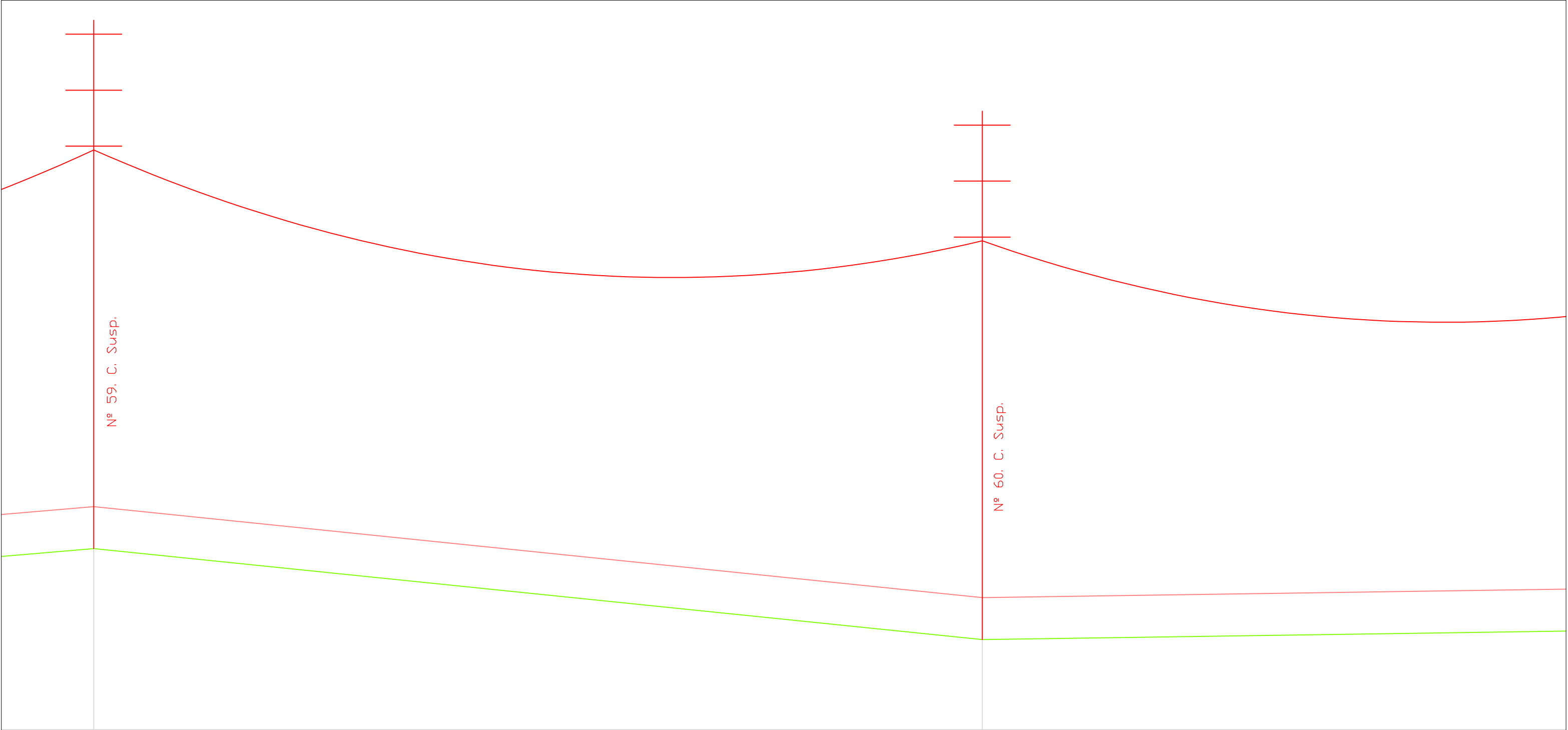




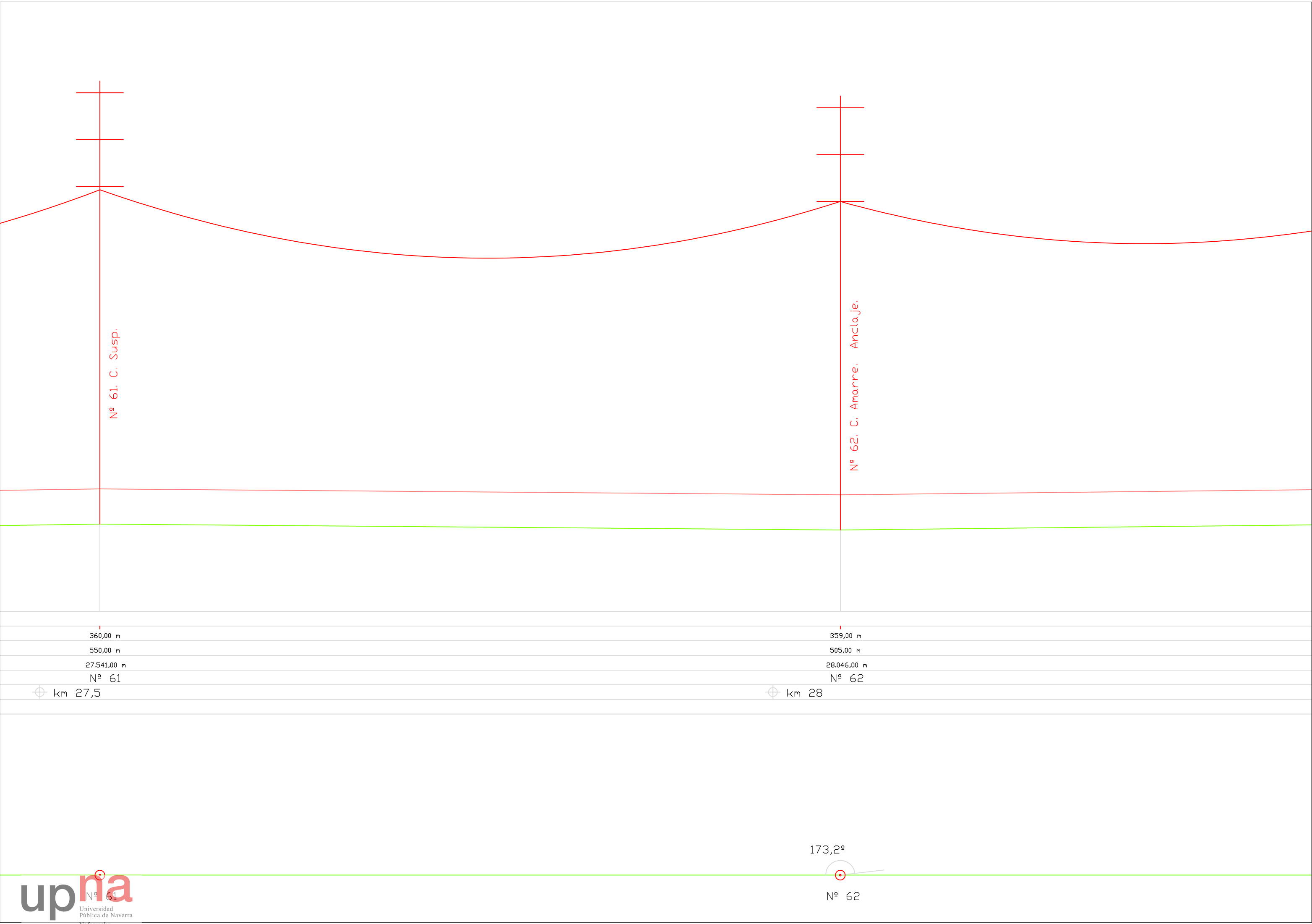
343,00 m	346,00 m
438,00 m	453,00 m
24.467,00 m	24.920,00 m
Nº 55	Nº 56
⊕ km 24,5	⊕ km 25

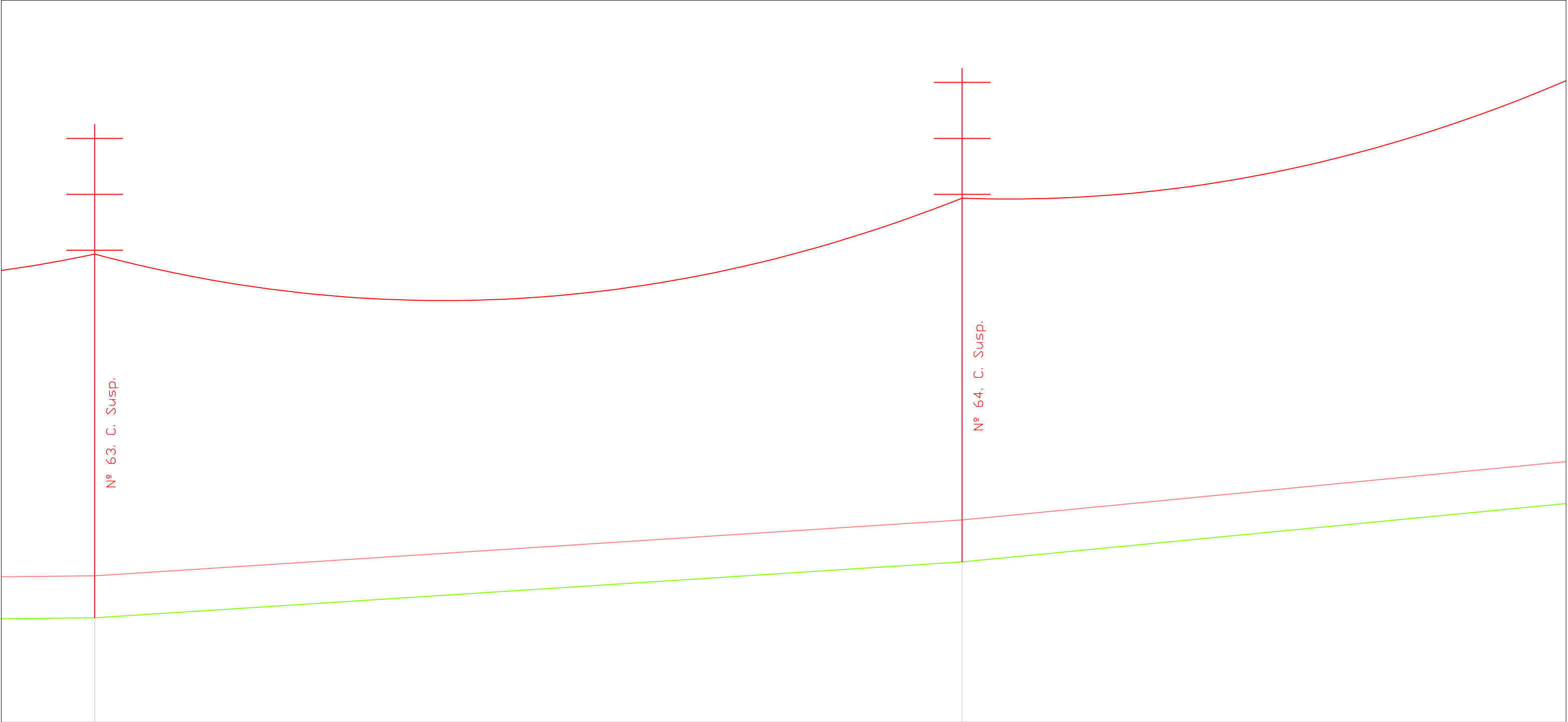


348,00 m		359,00 m	
491,00 m		506,00 m	
25.411,00 m		25.917,00 m	
Nº 57		Nº 58	
⊕ km 25,5		⊕ km 26	

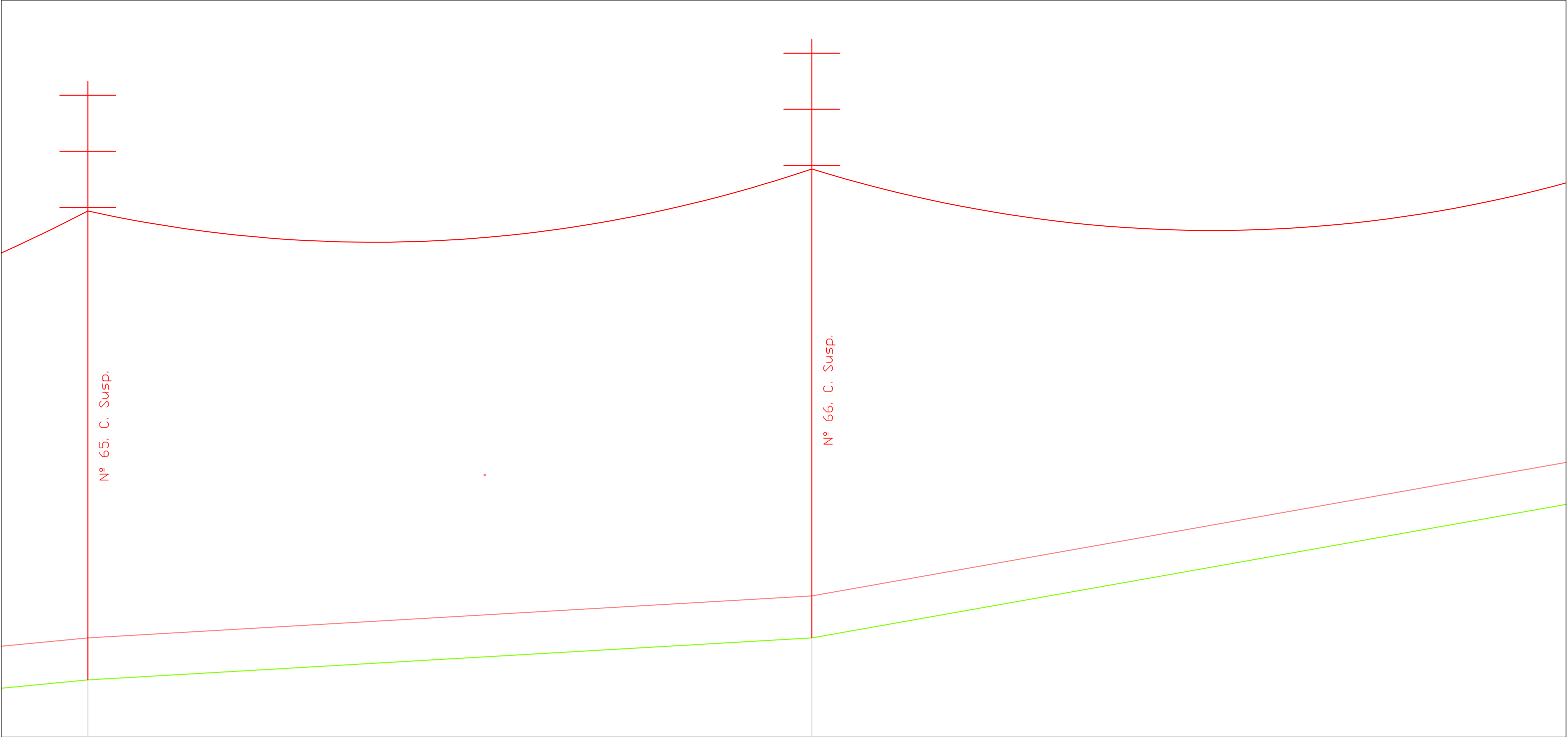


371,00 m	358,00 m
566,00 m	508,00 m
26.483,00 m	26.991,00 m
Nº 59	Nº 60
⊕ km 26,5	⊕ km 27





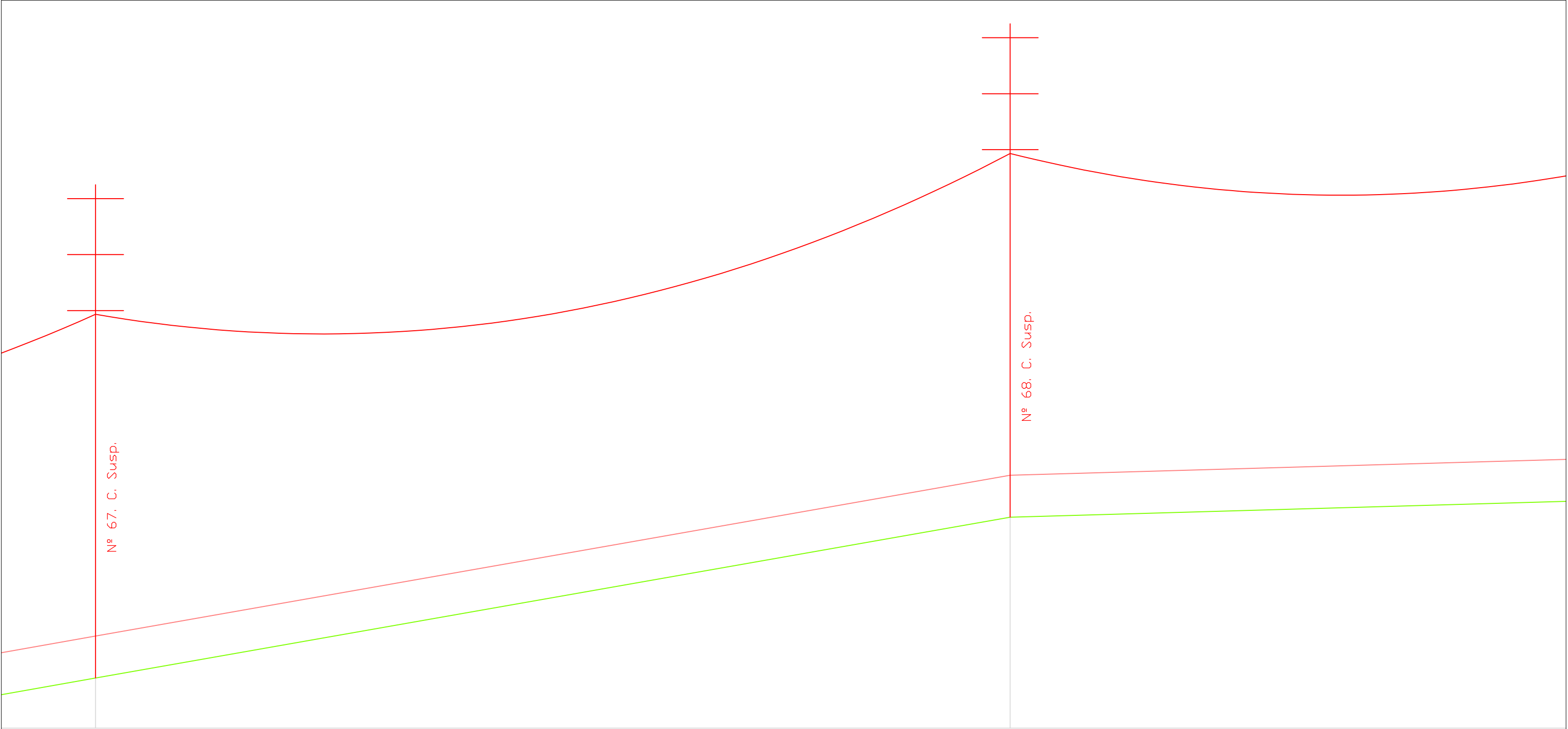
360,00 m	368,00 m
366,00 m	496,00 m
28.412,00 m	28.908,00 m
Nº 63	Nº 64
⊕ km 28,5	⊕ km 29



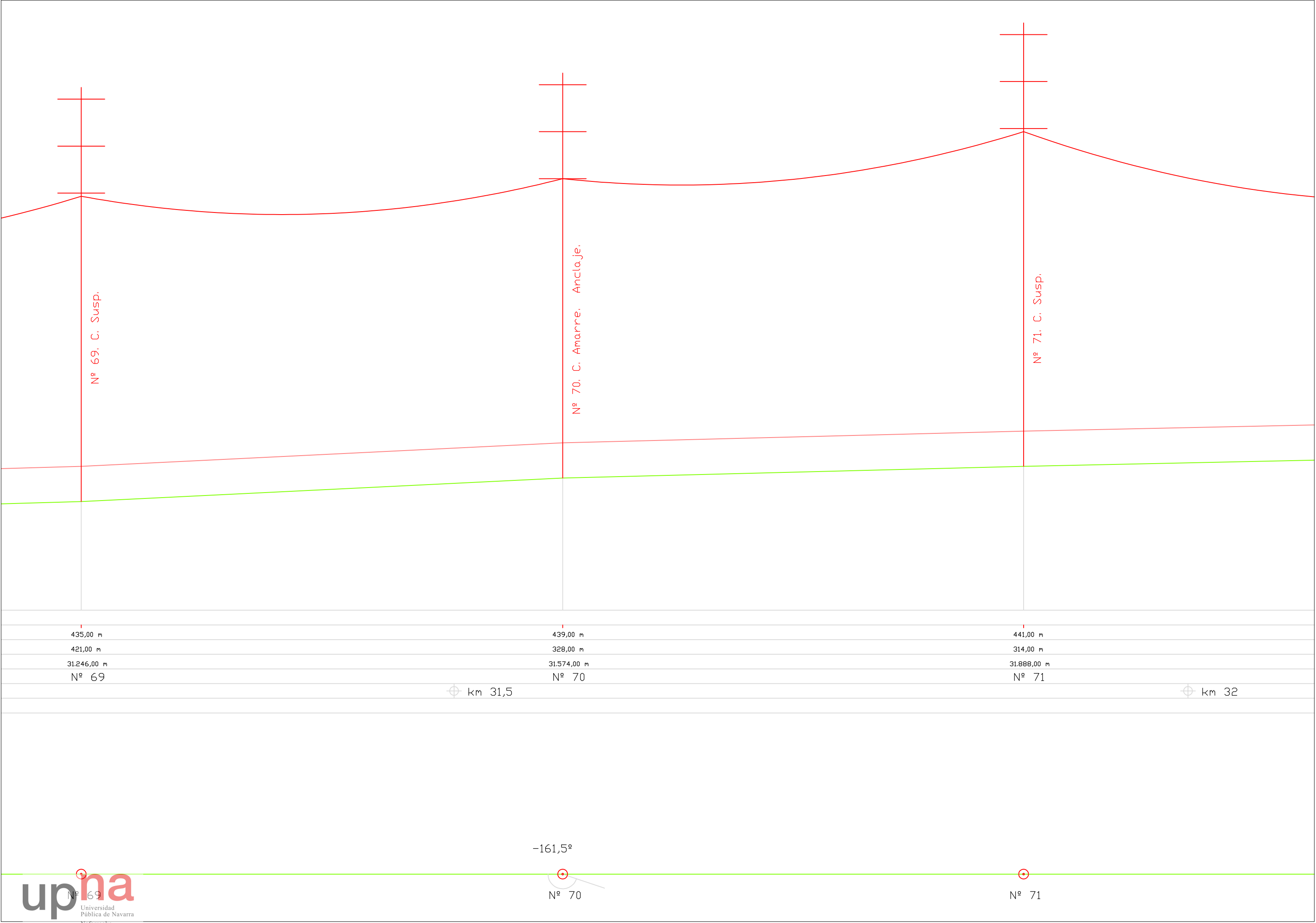
378,00 m	384,00 m
415,00 m	414,00 m
29.323,00 m	29.737,00 m
Nº 65	Nº 66
⊕ km 29,5	⊕ km 30

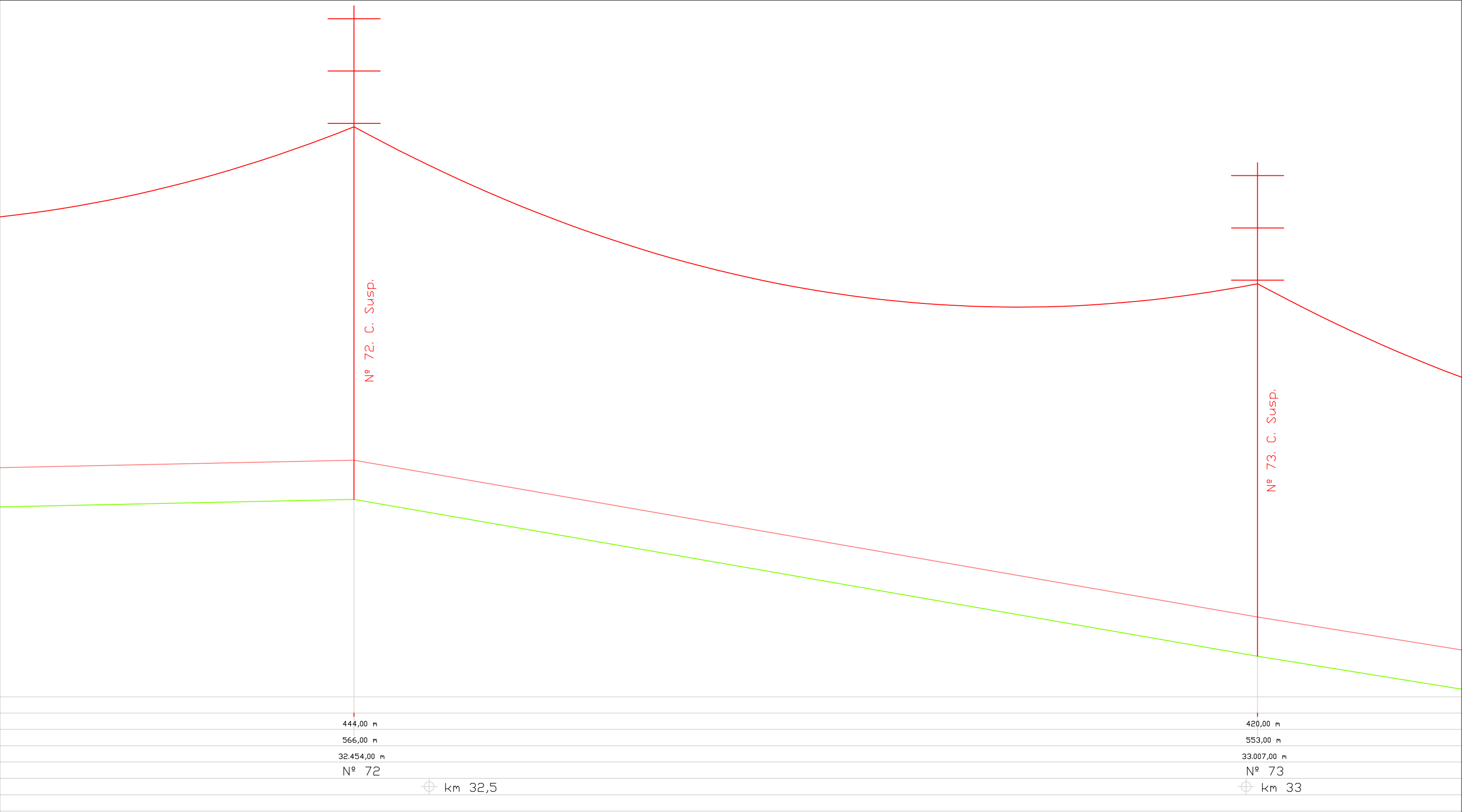
Línea eléctrica 20 kV

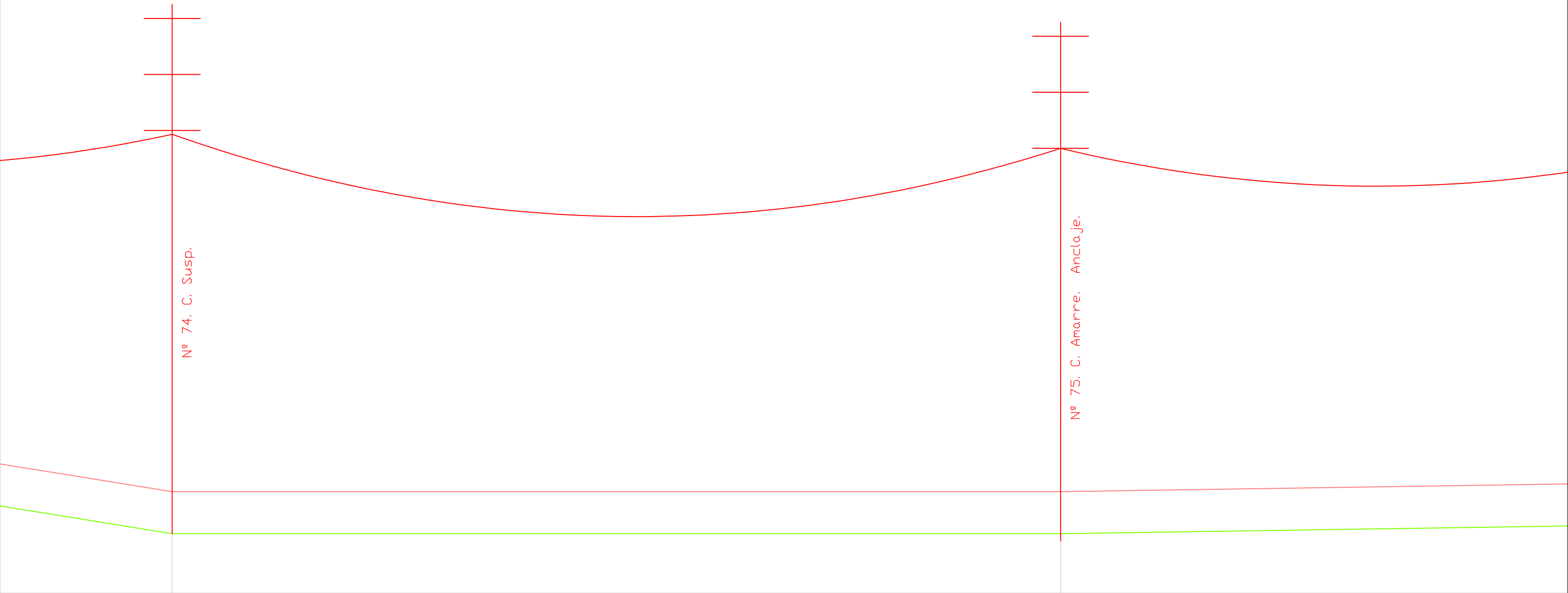




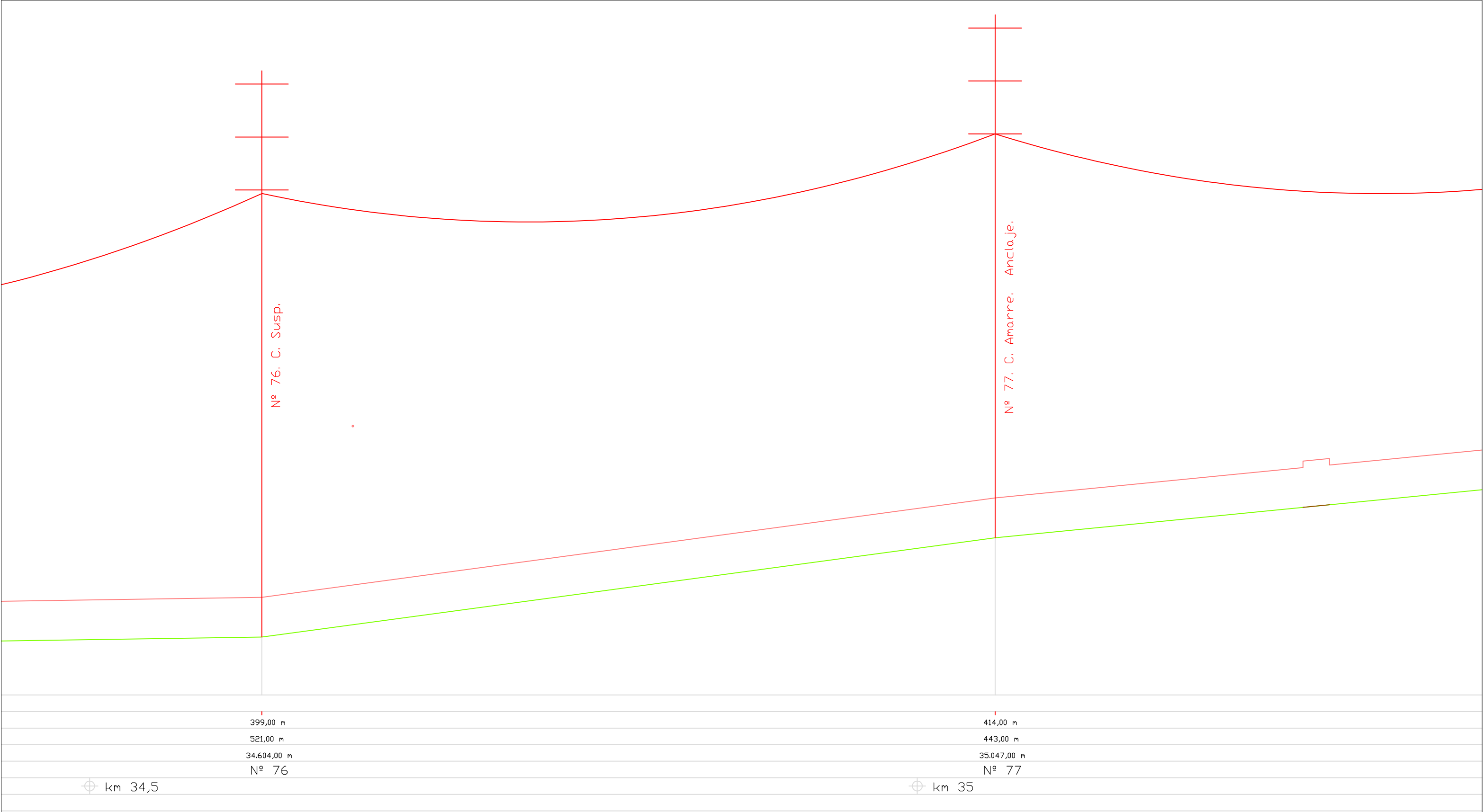
409,00 m	432,00 m
565,00 m	523,00 m
30.302,00 m	30.825,00 m
Nº 67	Nº 68
⊕ km 30,5	⊕ km 31

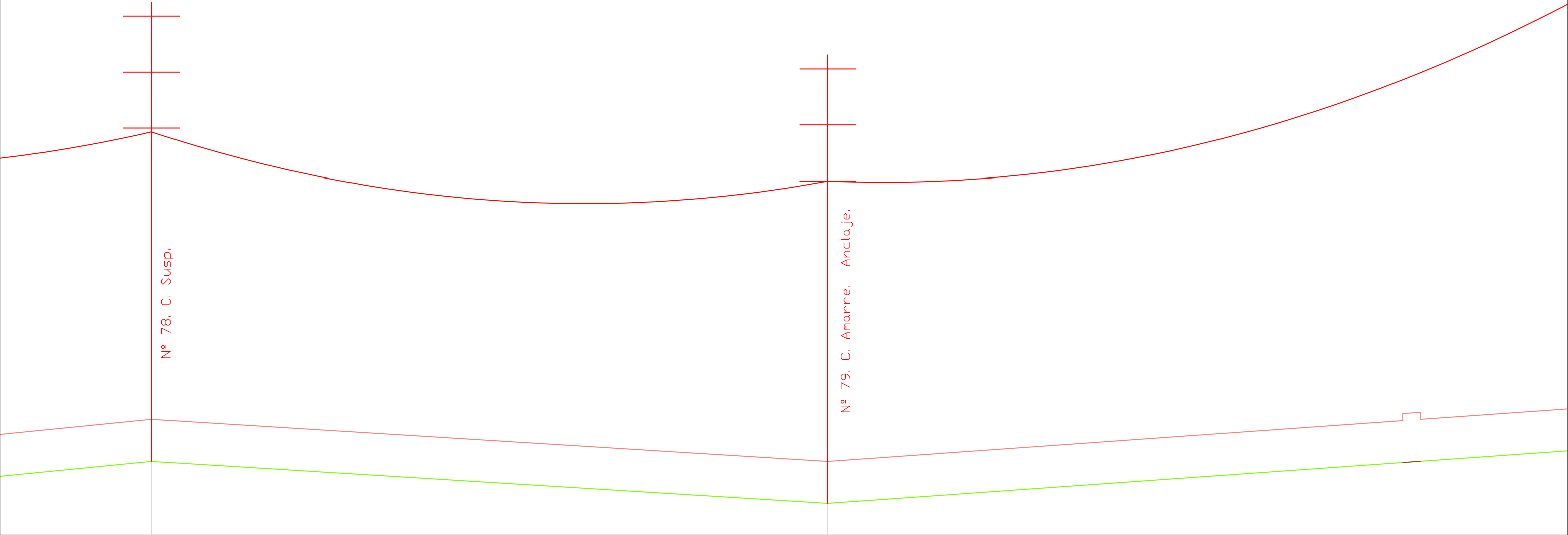




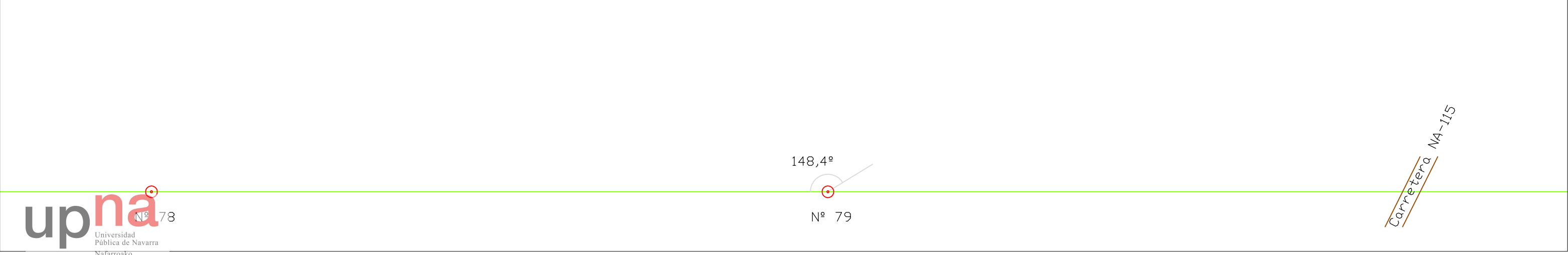


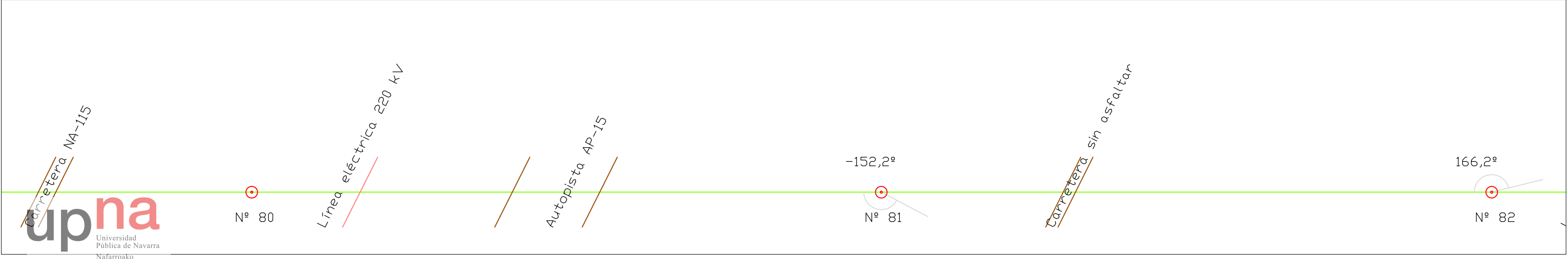
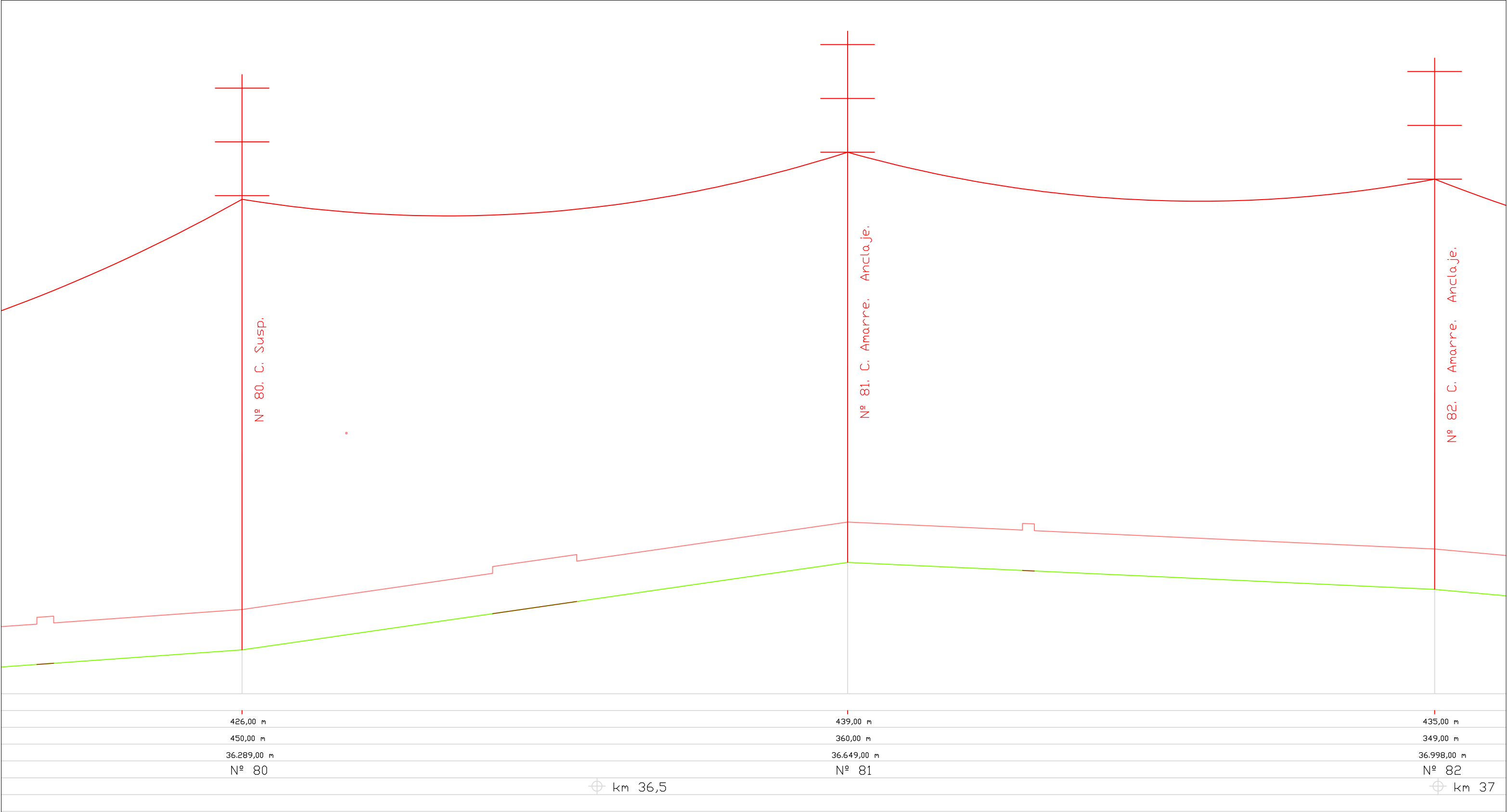
	397,00 m		396,00 m
	569,00 m		507,00 m
	33.576,00 m		34.083,00 m
	Nº 74		Nº 75
⊕ km 33,5		⊕ km 34	

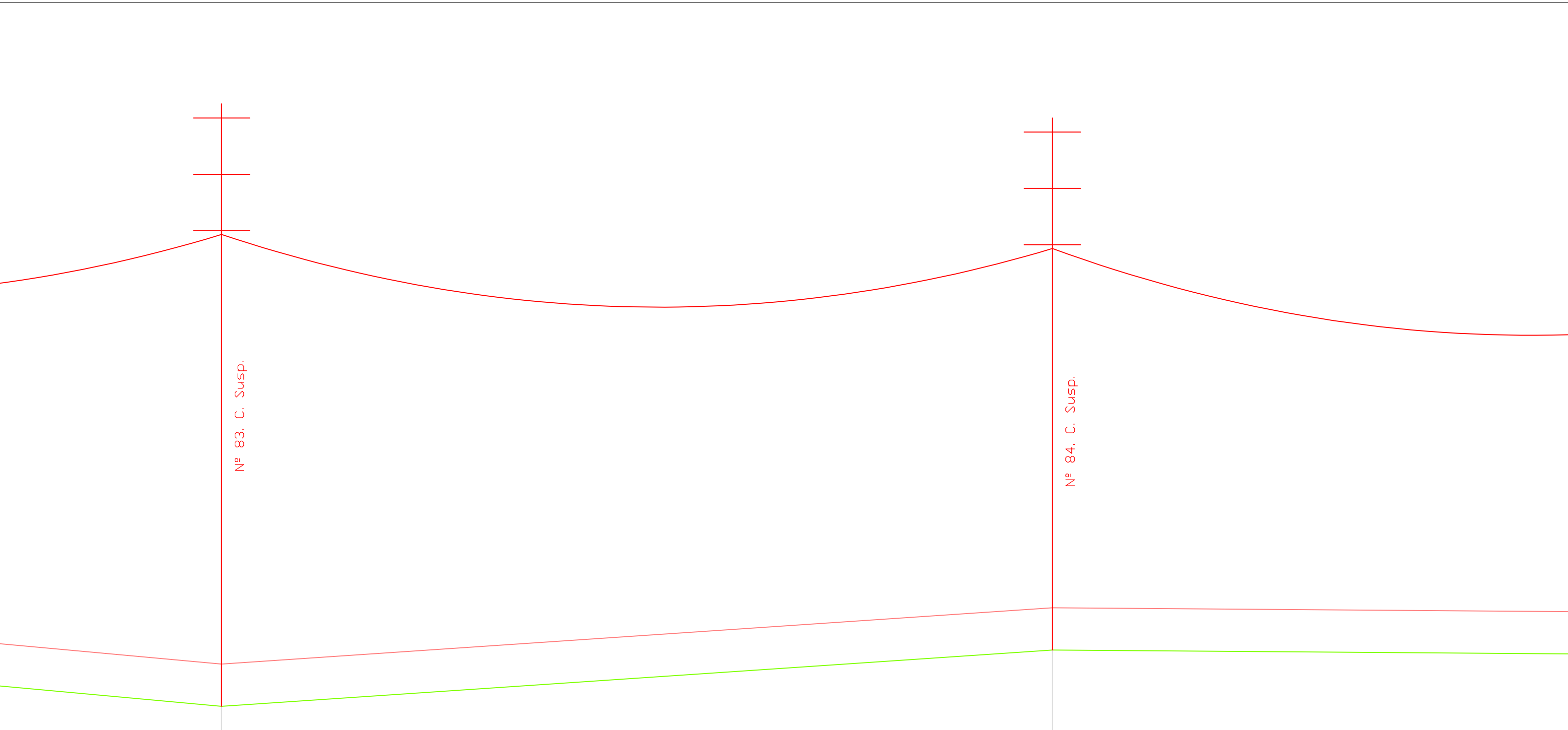




424,00 m		418,00 m	
406,00 m		386,00 m	
35.453,00 m		35.839,00 m	
Nº 78		Nº 79	
⊕ km 35,5		⊕ km 36	

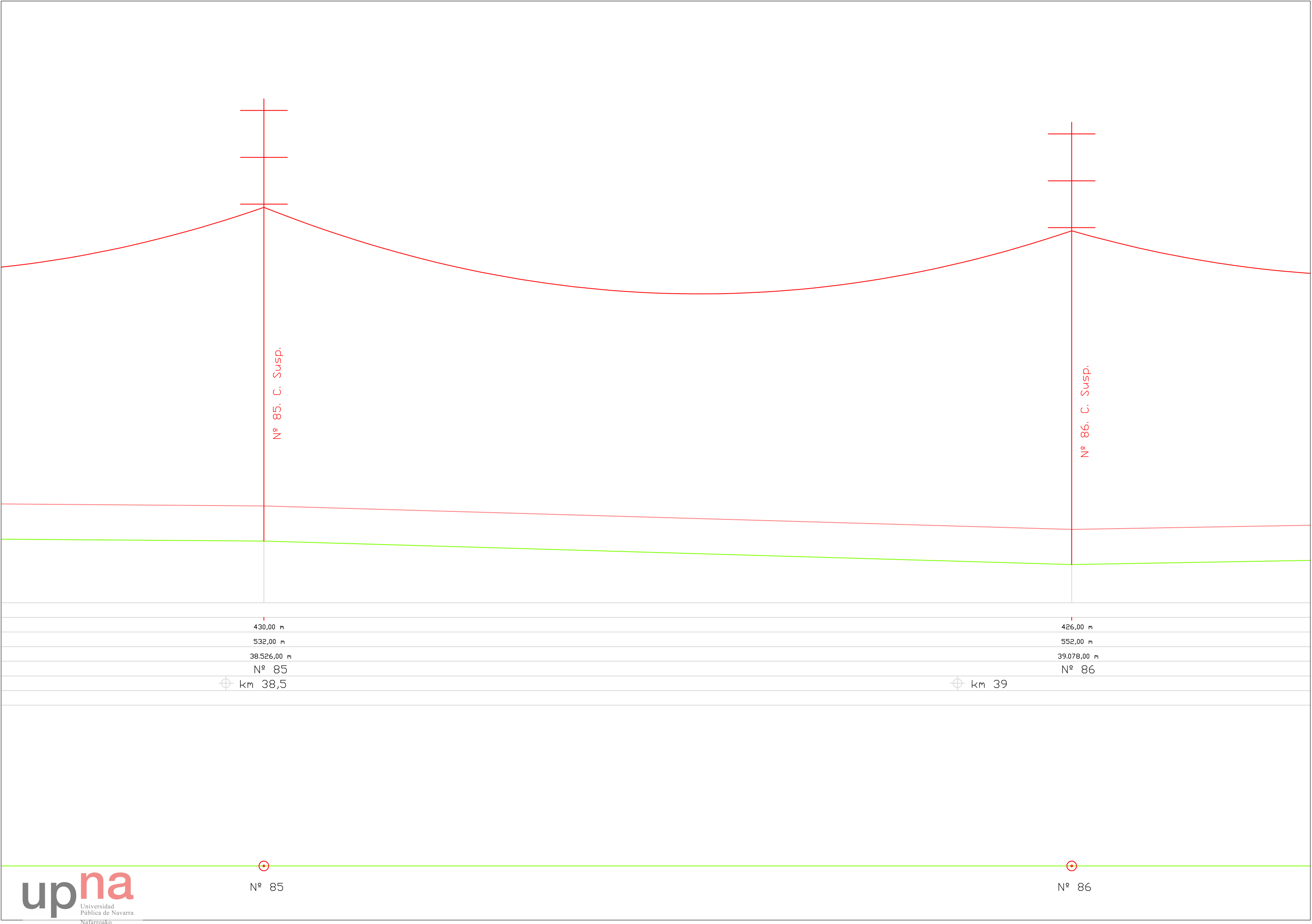


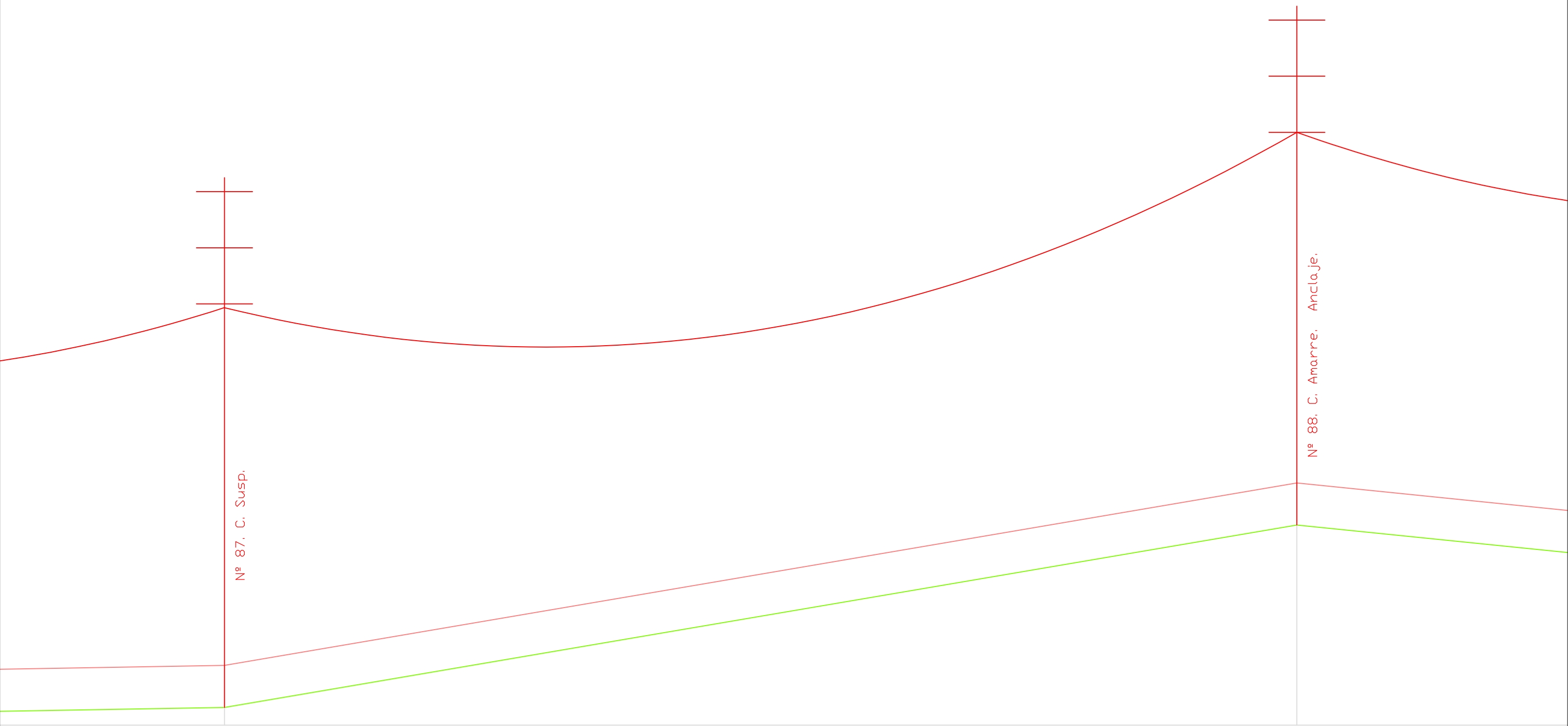




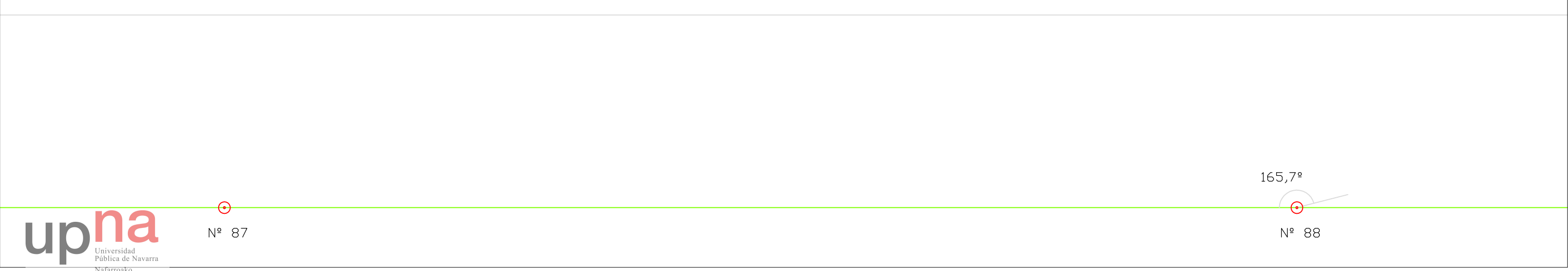
423,00 m	431,00 m
524,00 m	472,00 m
37.522,00 m	37.994,00 m
Nº 83	Nº 84
⊕ km 37,5	⊕ km 38

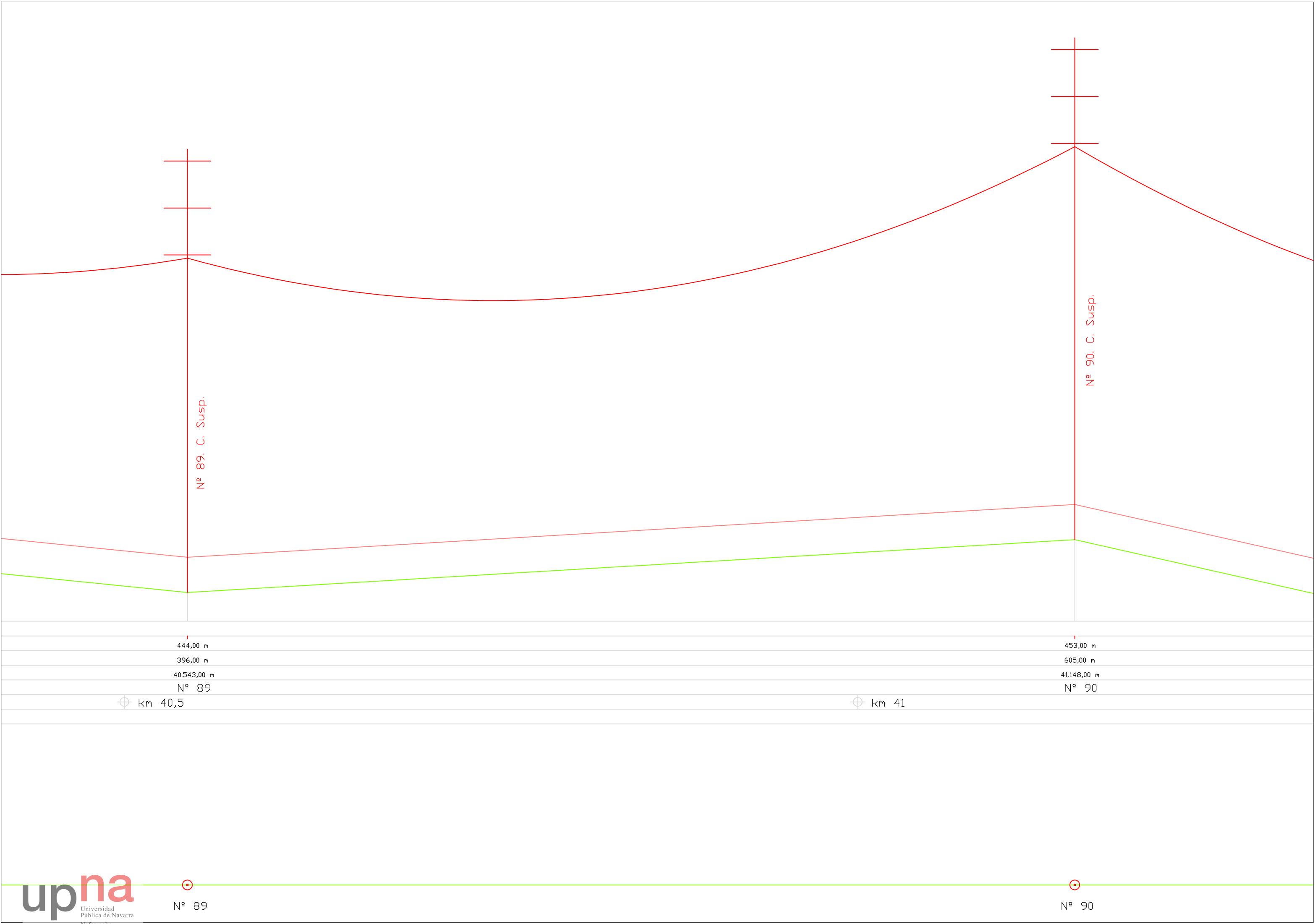


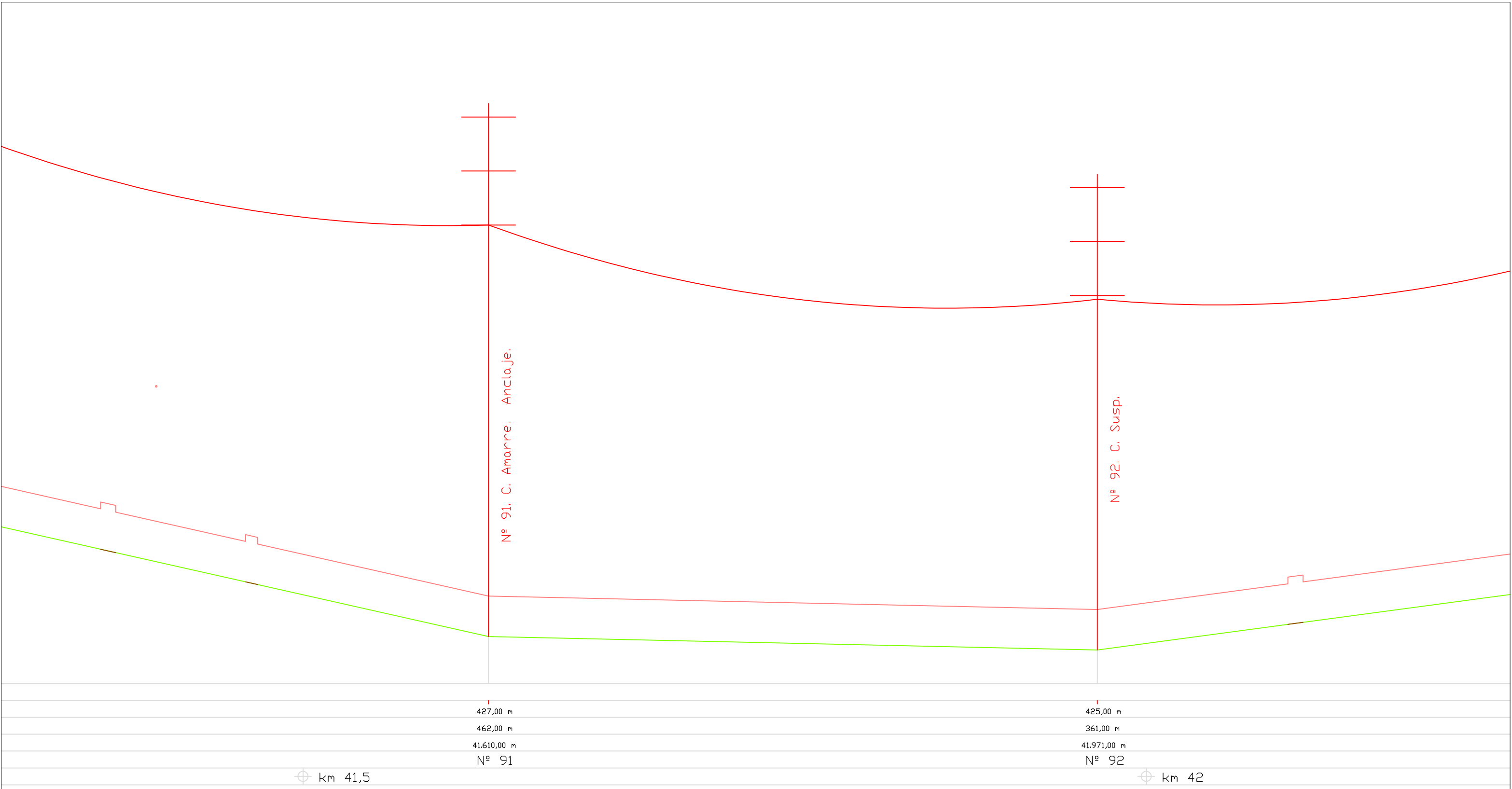


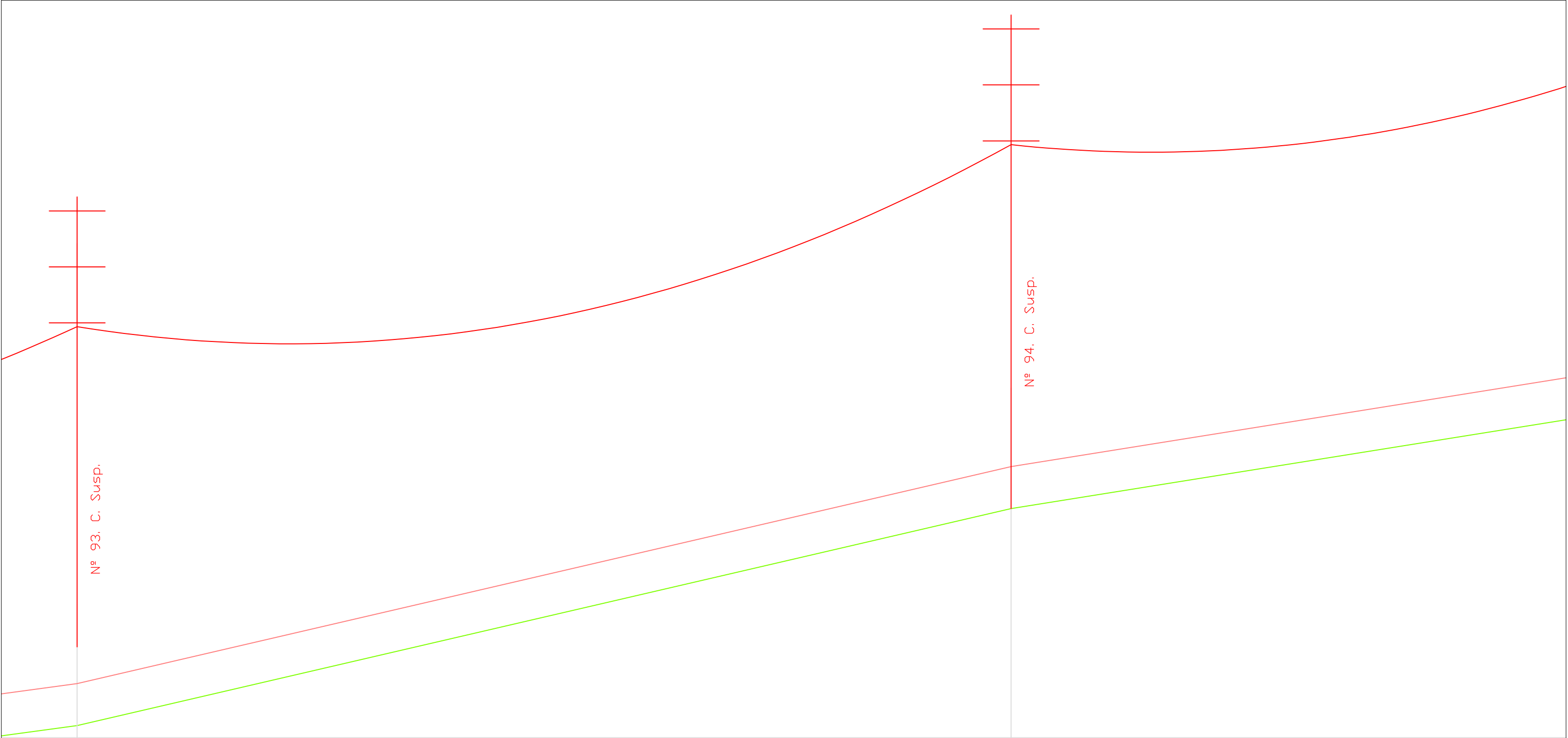


	428,00 m		454,00 m
	457,00 m		612,00 m
	39.535,00 m		40.147,00 m
	Nº 87		Nº 88
⊕ km 39,5		⊕ km 40	

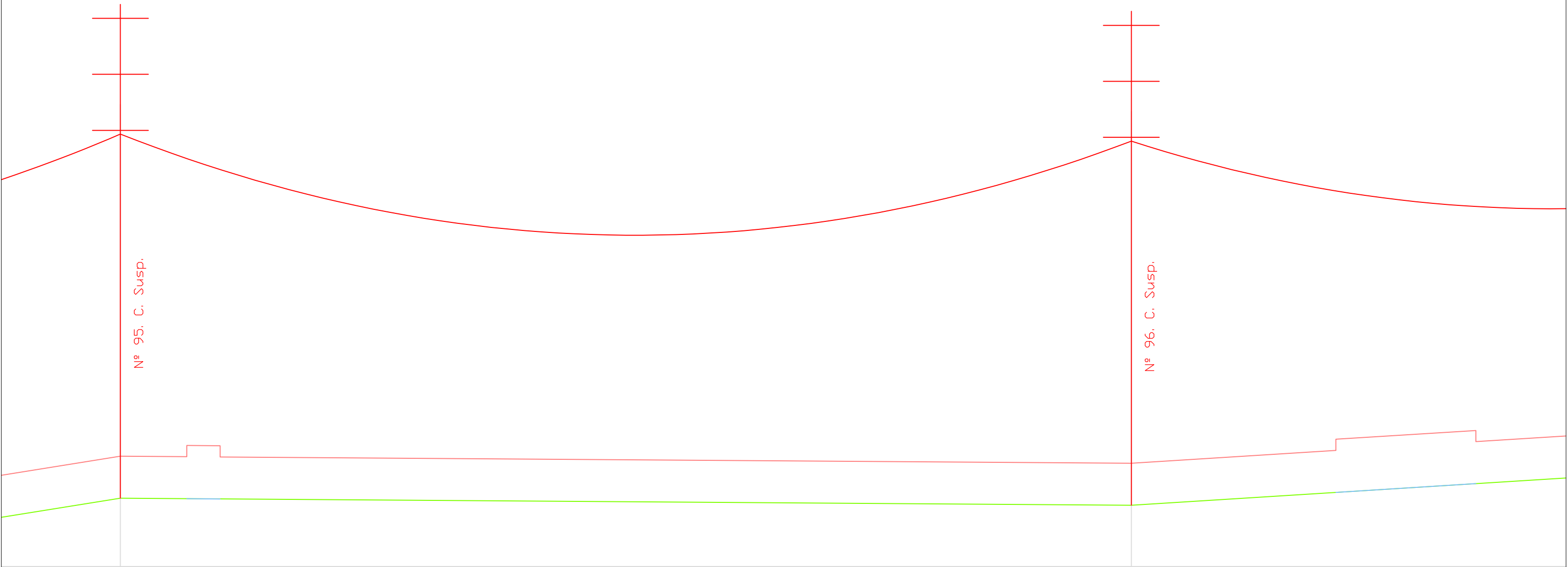




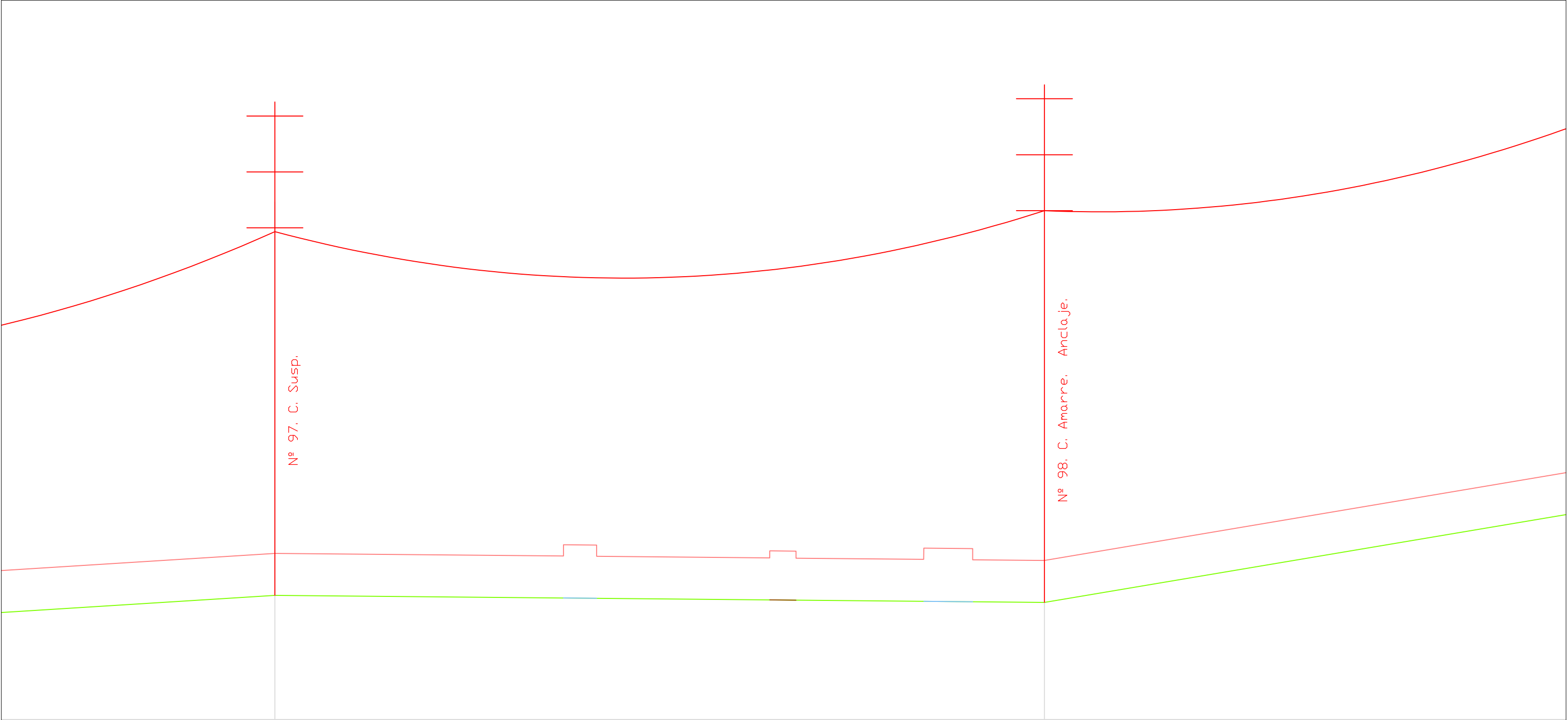




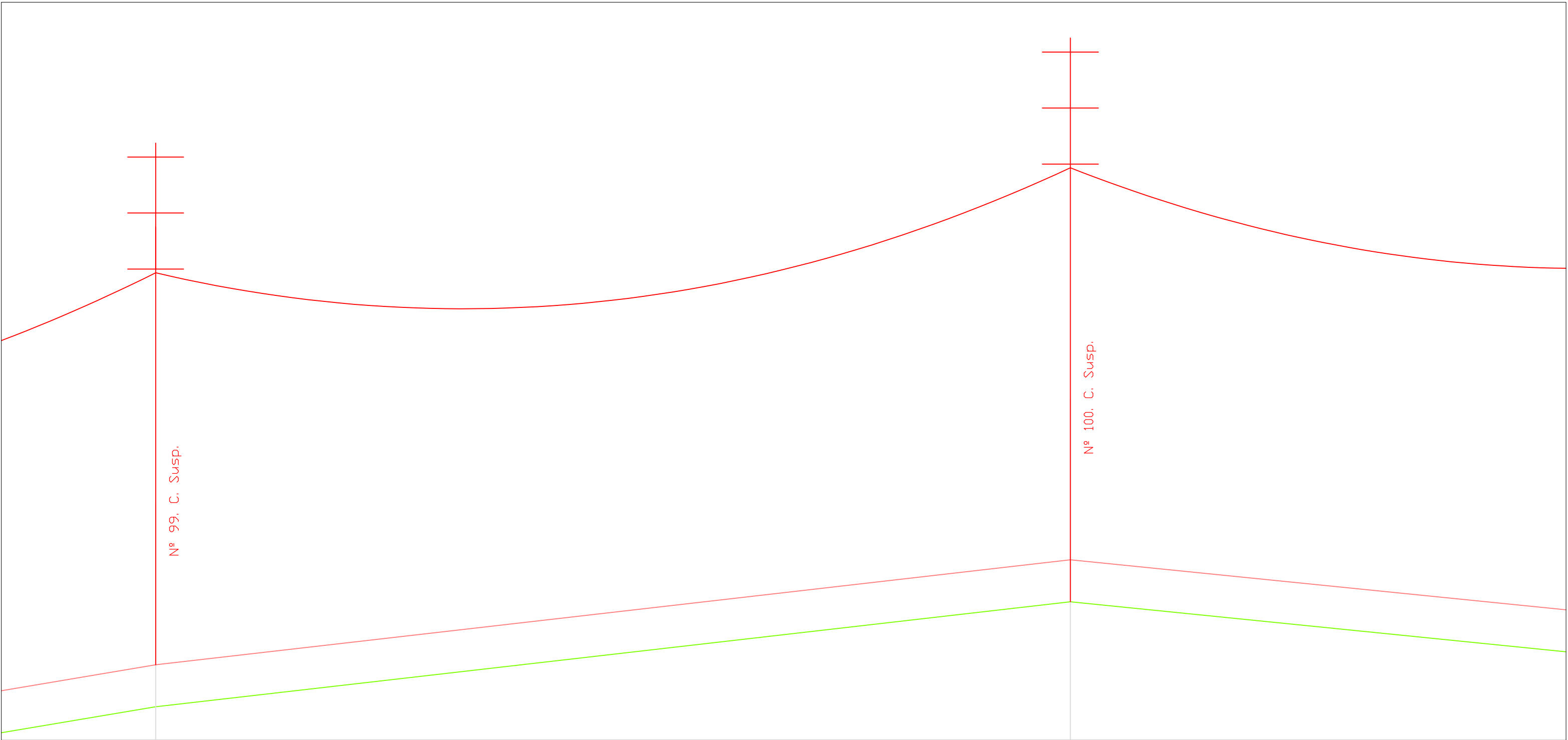
439,00 m	470,00 m
416,00 m	534,00 m
42.387,00 m	42.921,00 m
Nº 93	Nº 94
⊕ km 42,5	⊕ km 43



486,00 m	485,00 m
400,00 m	578,00 m
43.321,00 m	43.899,00 m
Nº 95	Nº 96
⊕ km 43,5	⊕ km 44

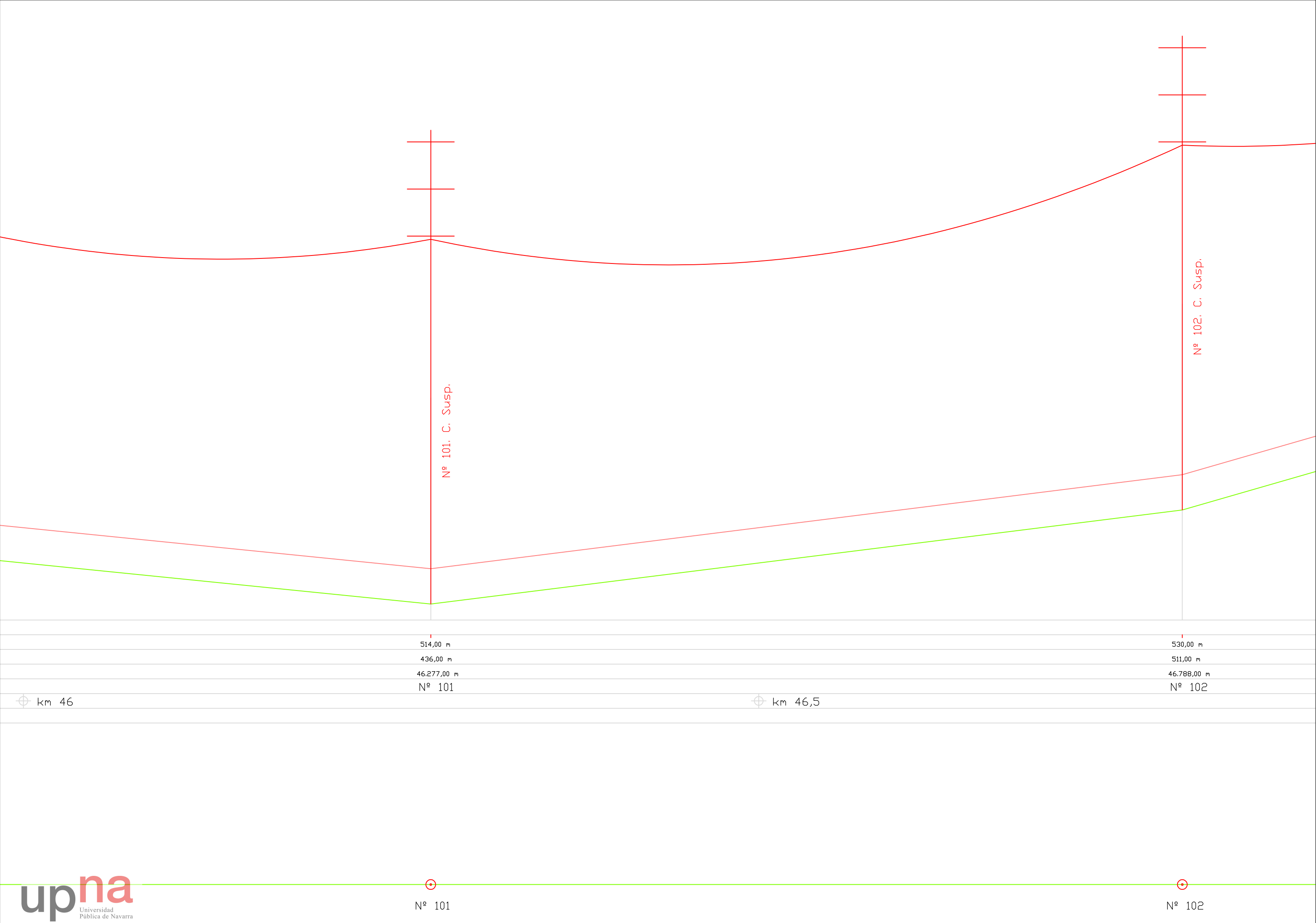


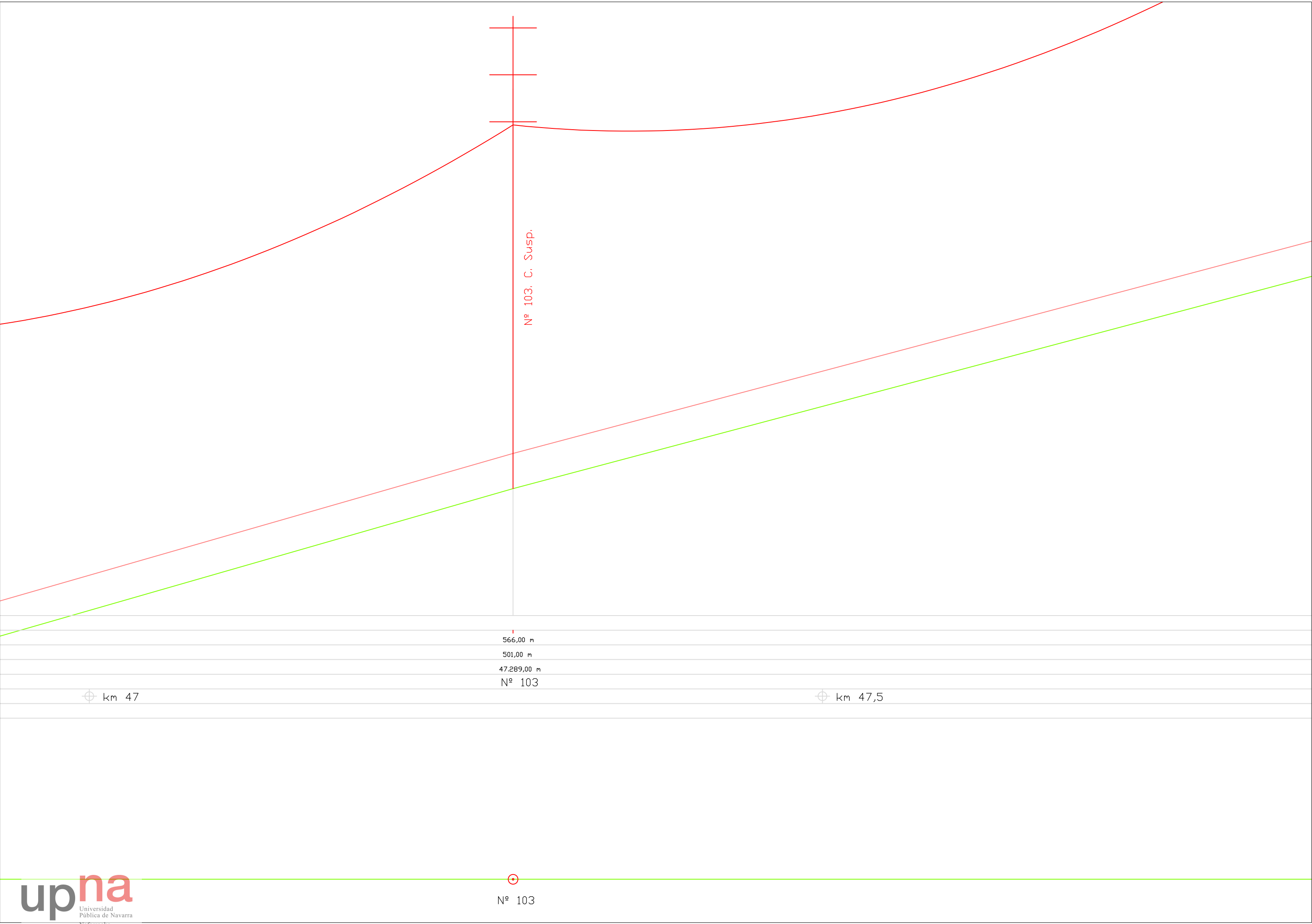
494,00 m	493,00 m
575,00 m	440,00 m
44.474,00 m	44.914,00 m
Nº 97	Nº 98
⊕ km 44,5	⊕ km 45

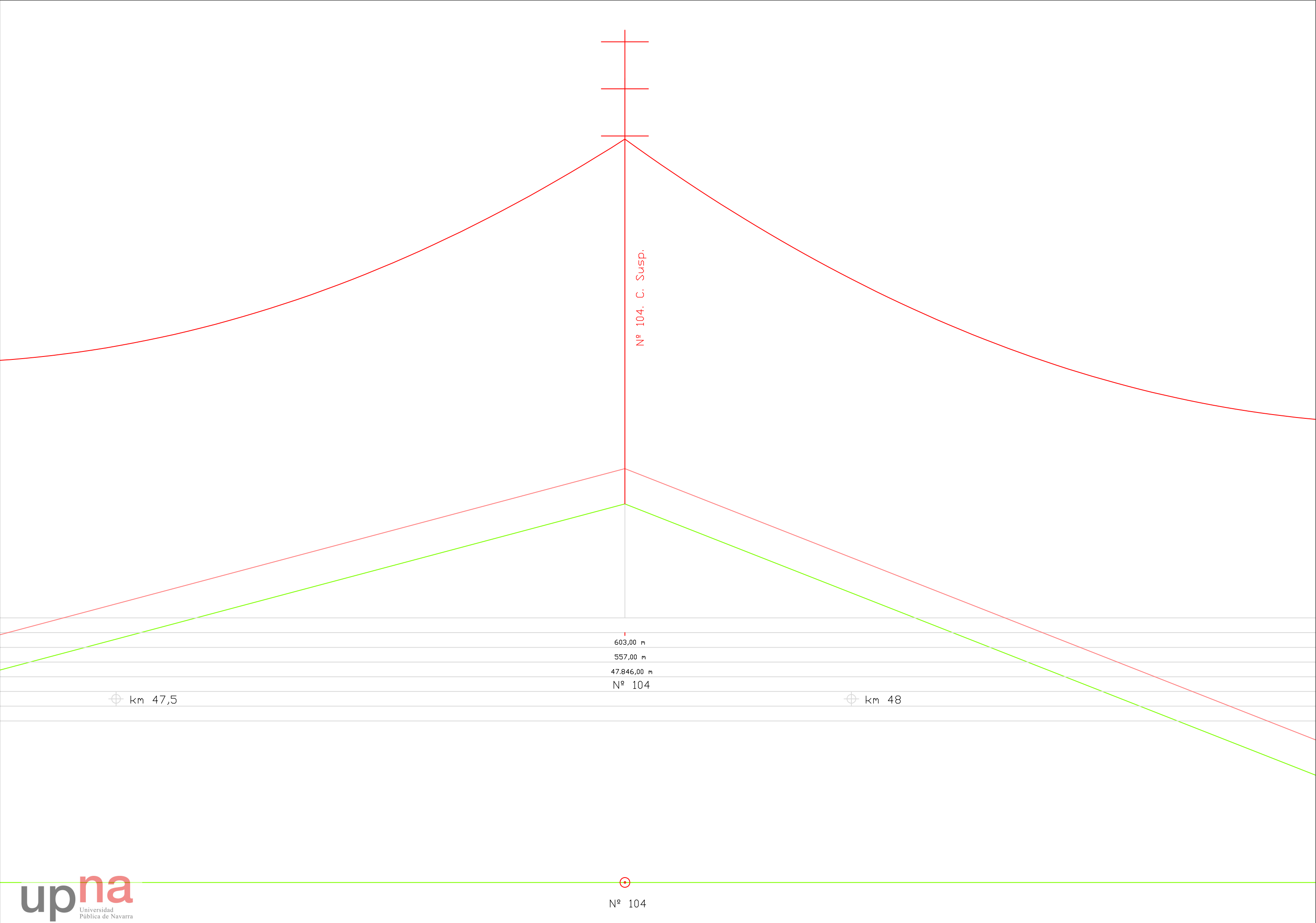


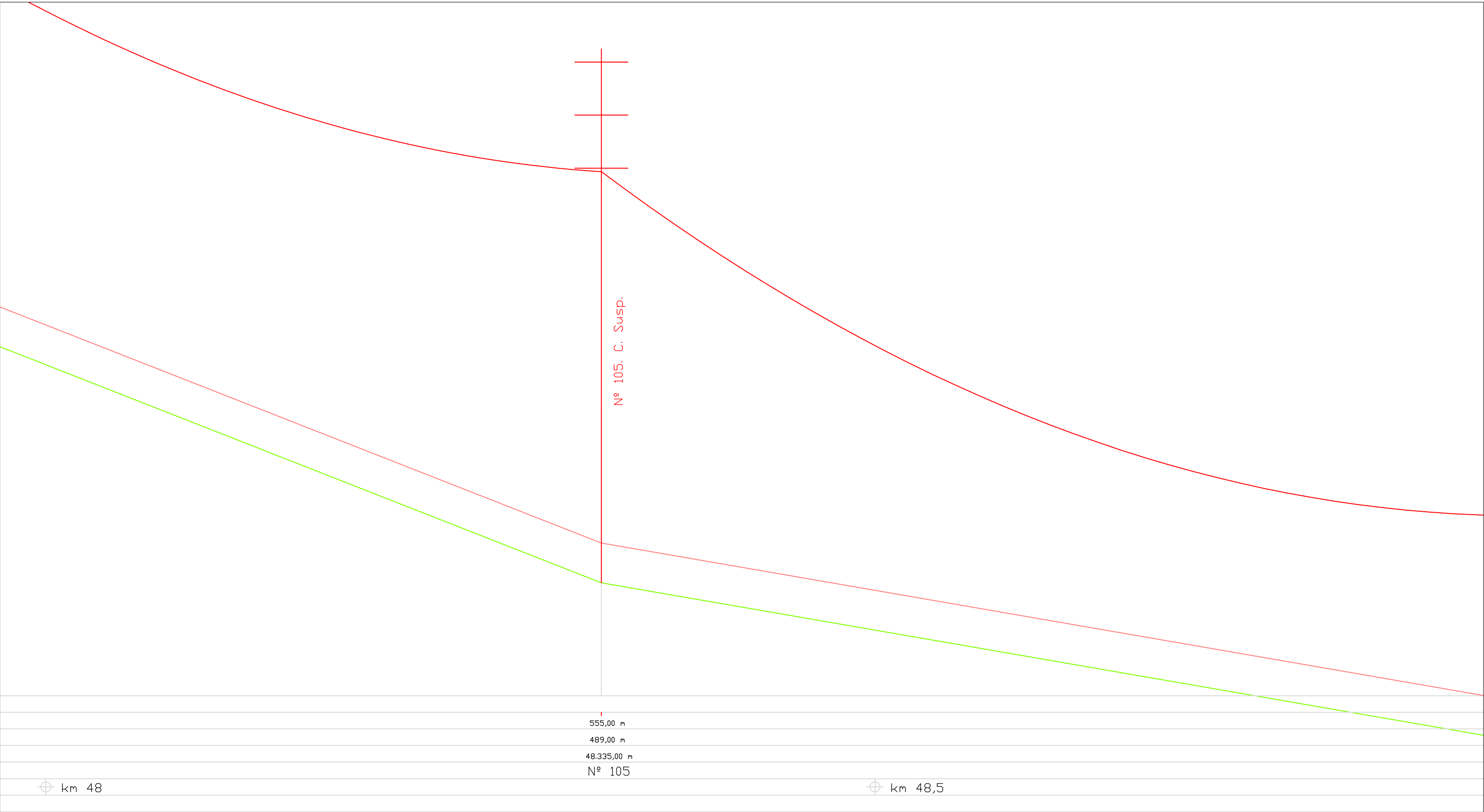
510,00 m	525,00 m
404,00 m	523,00 m
45.318,00 m	45.841,00 m
Nº 99	Nº 100
⊕ km 45,5	⊕ km 46

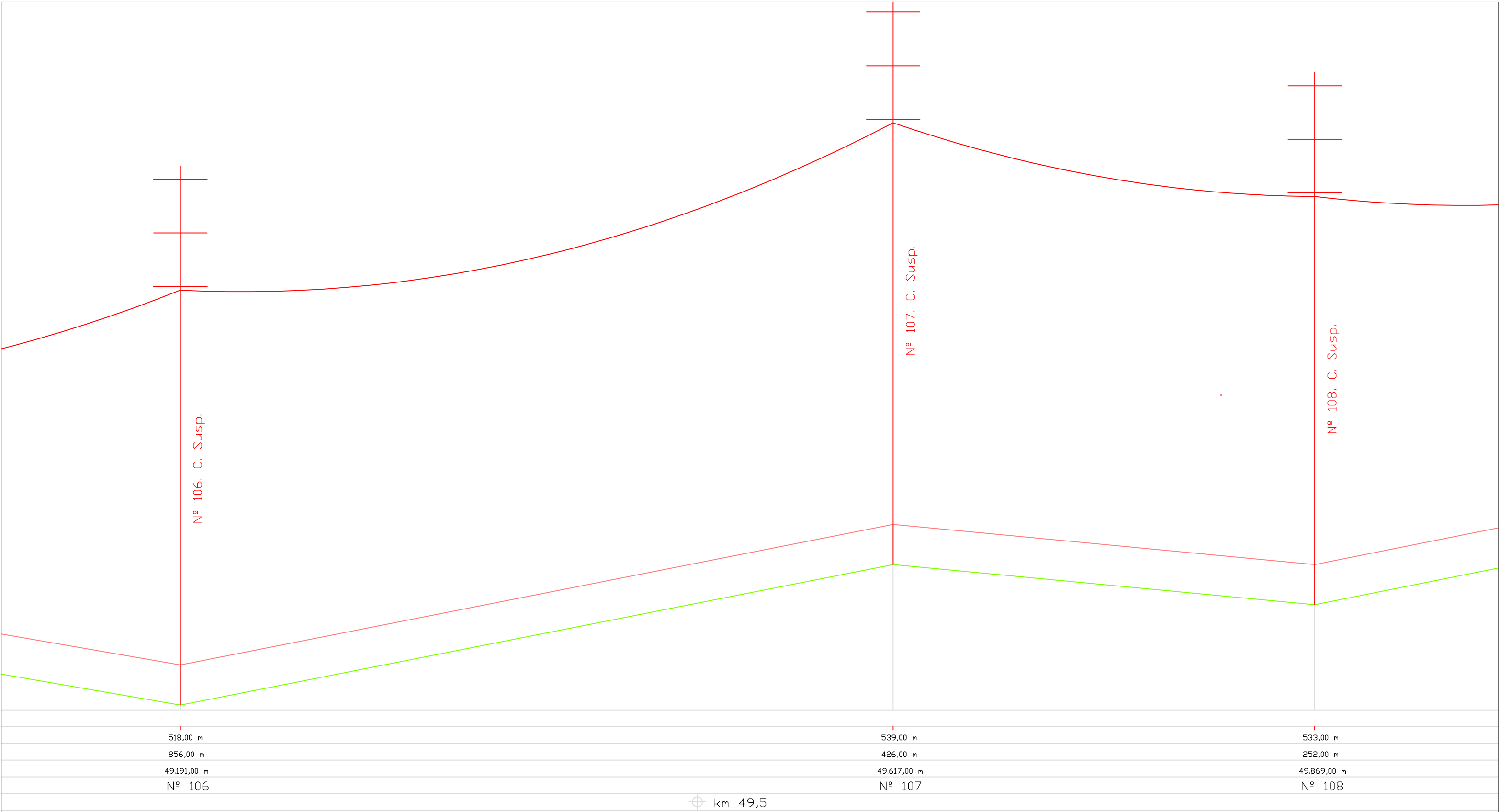


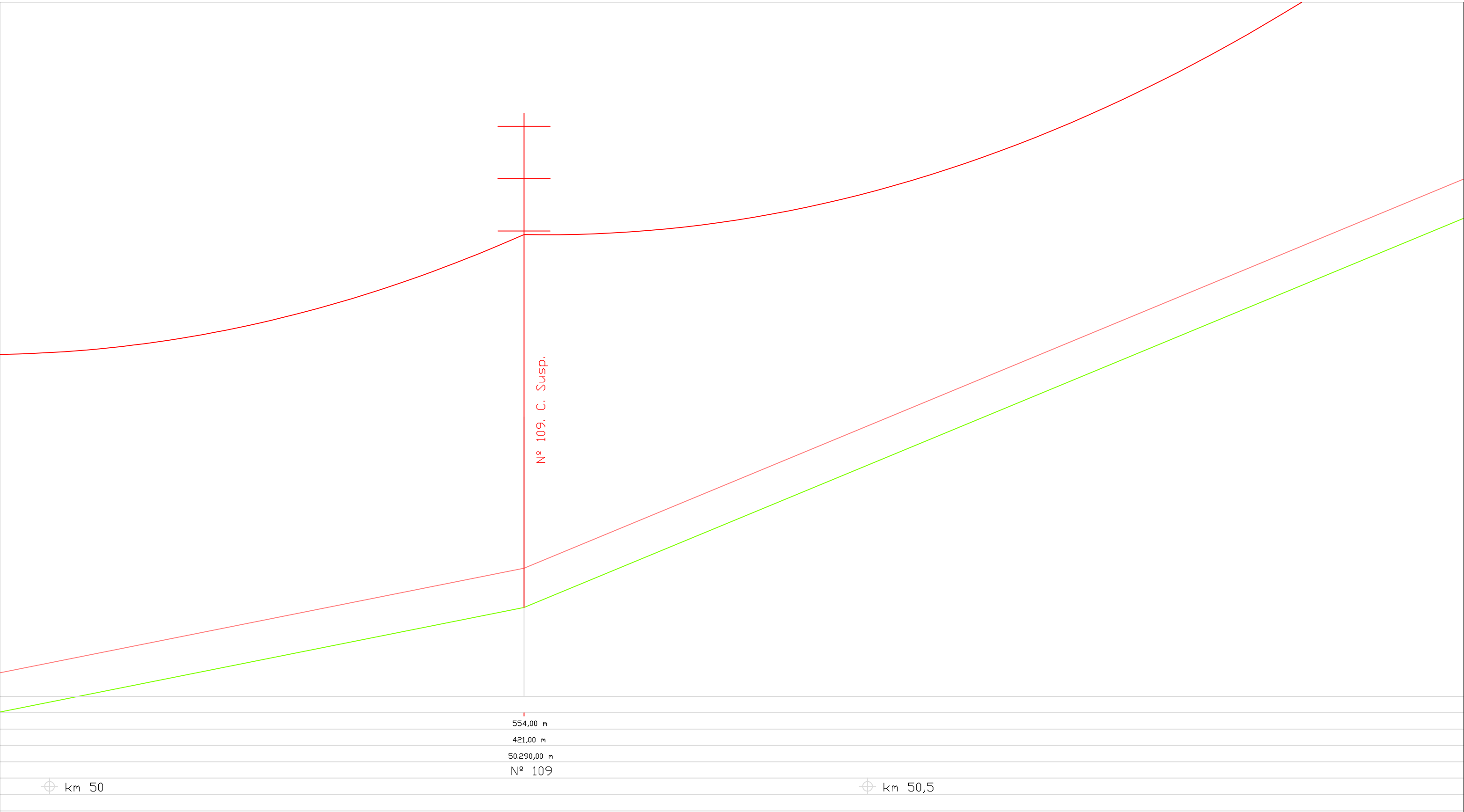


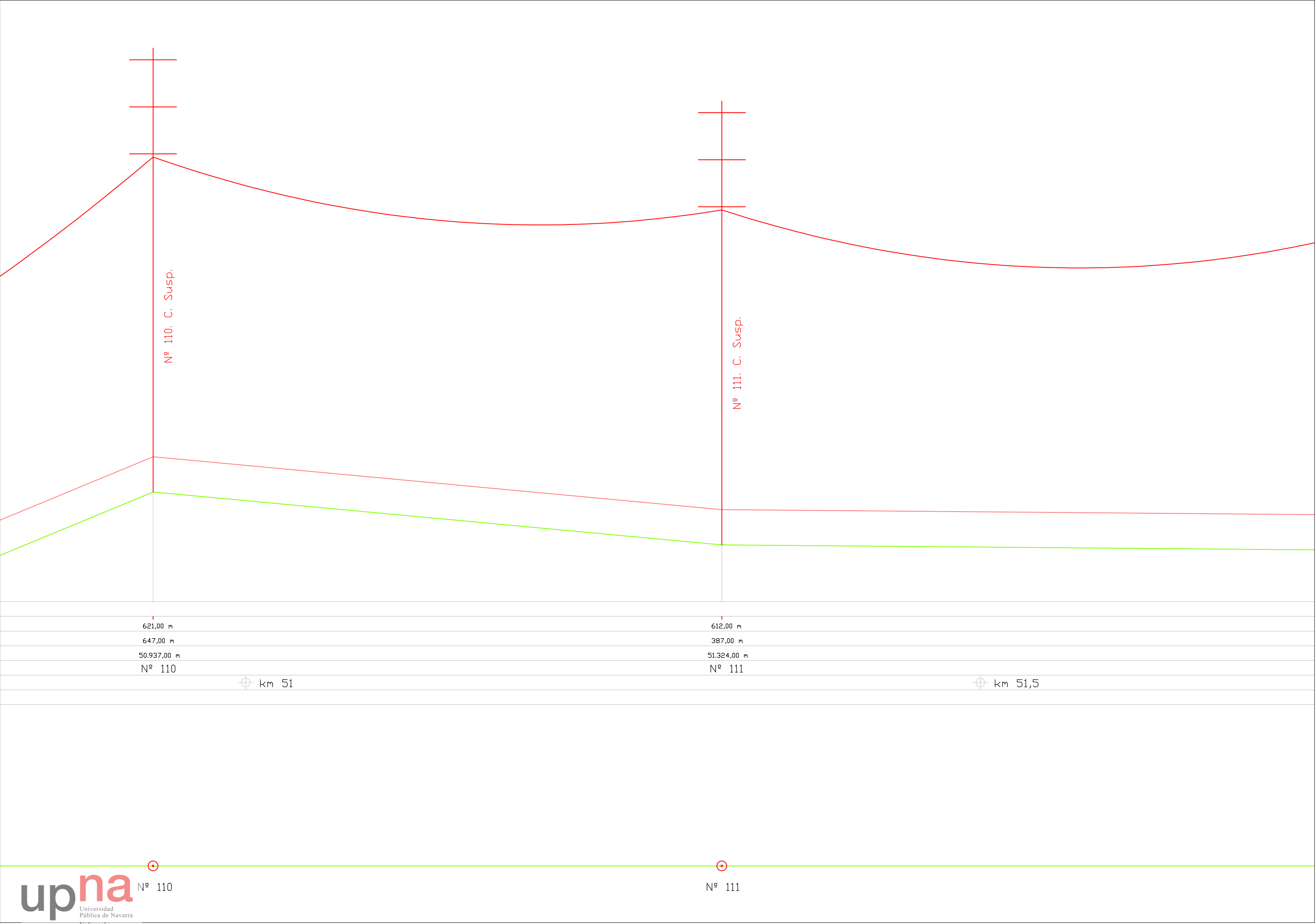


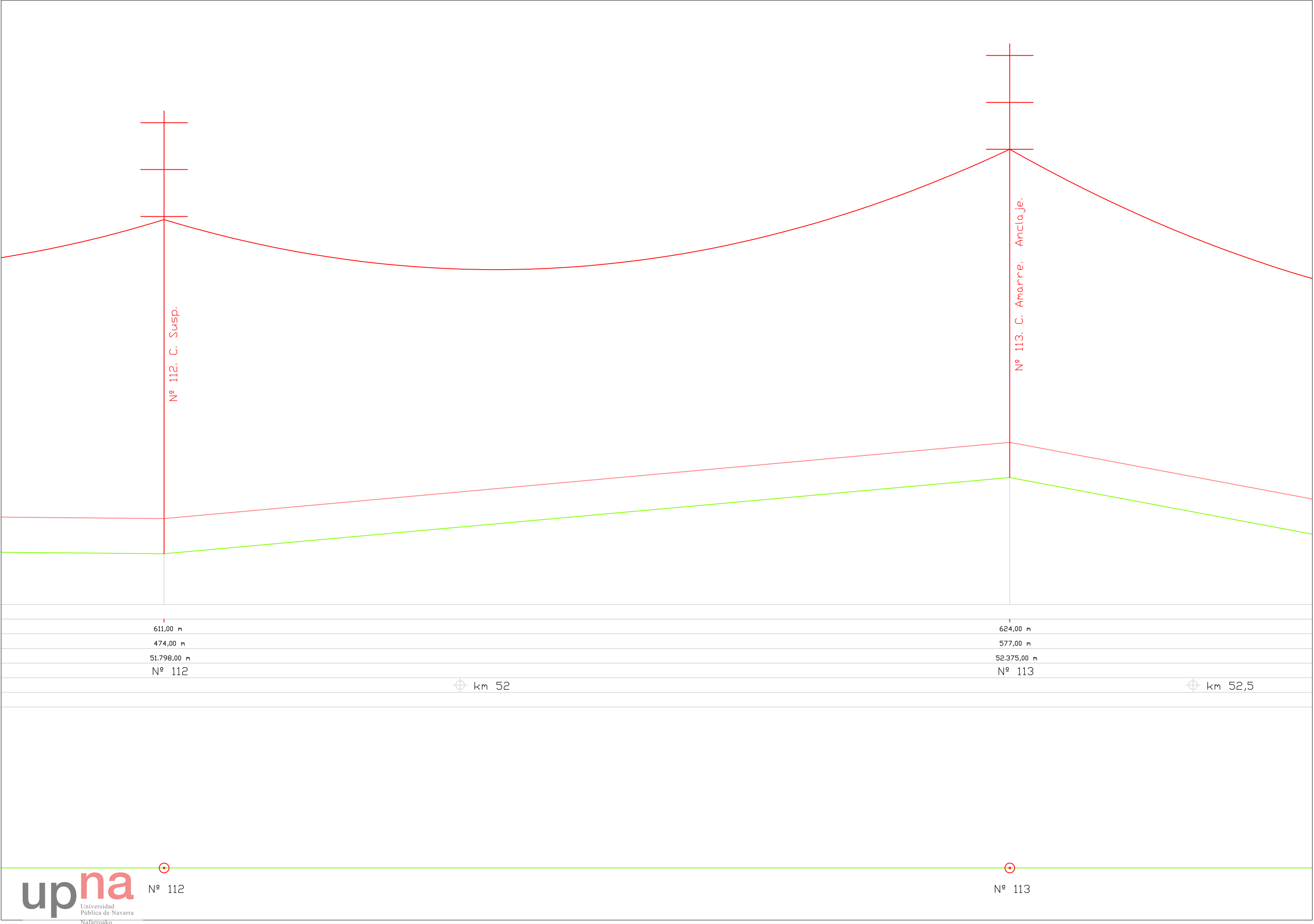




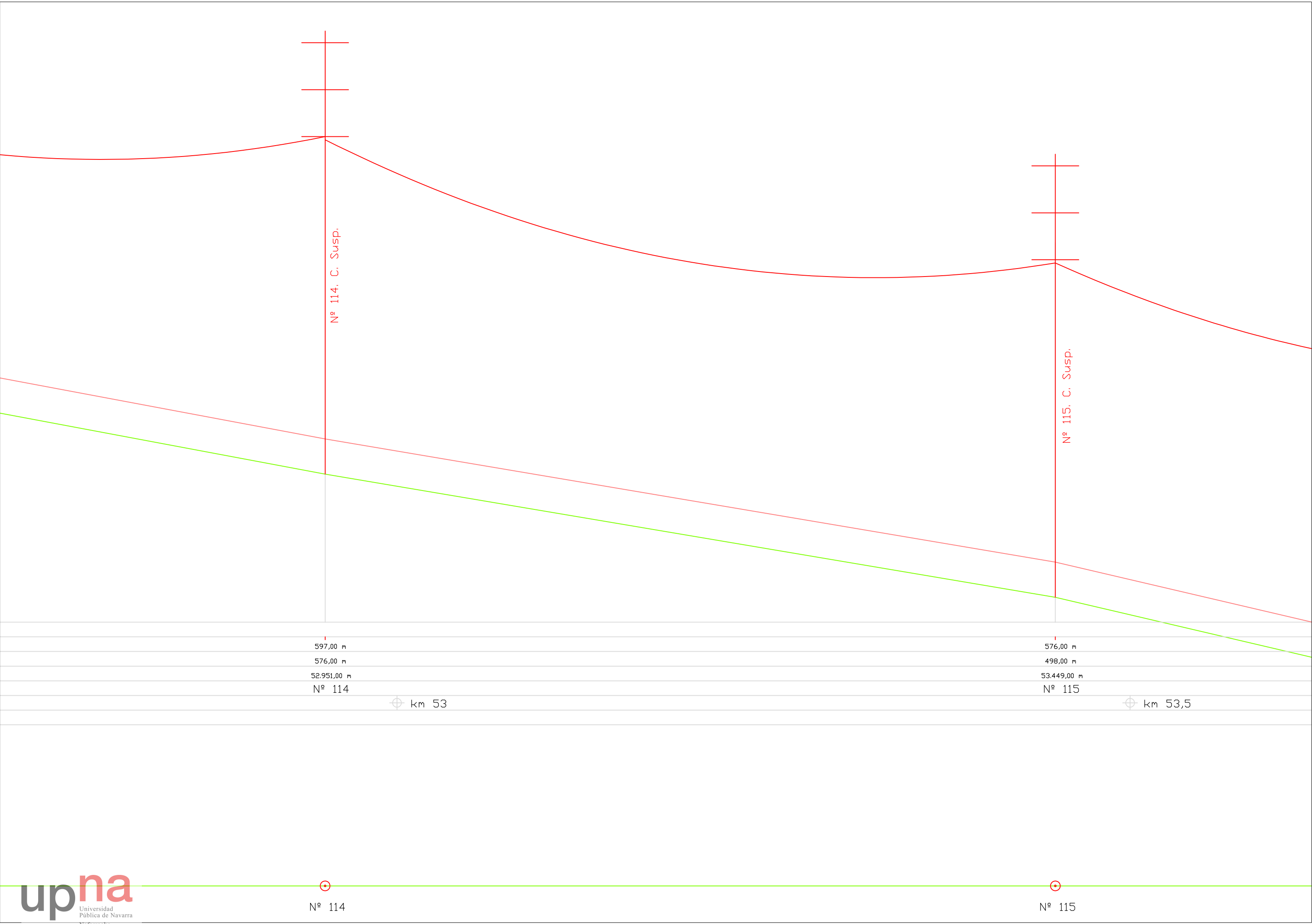


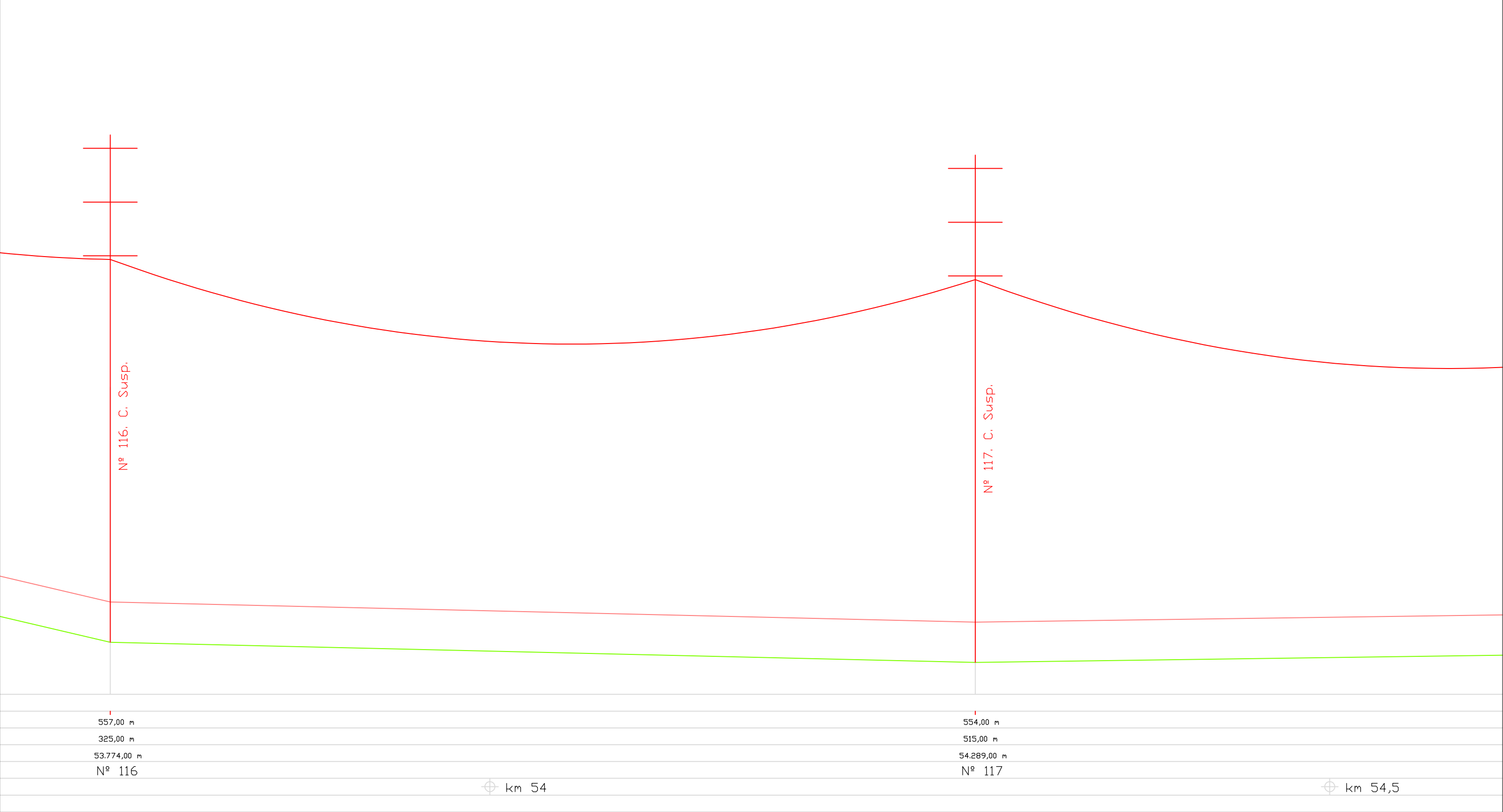


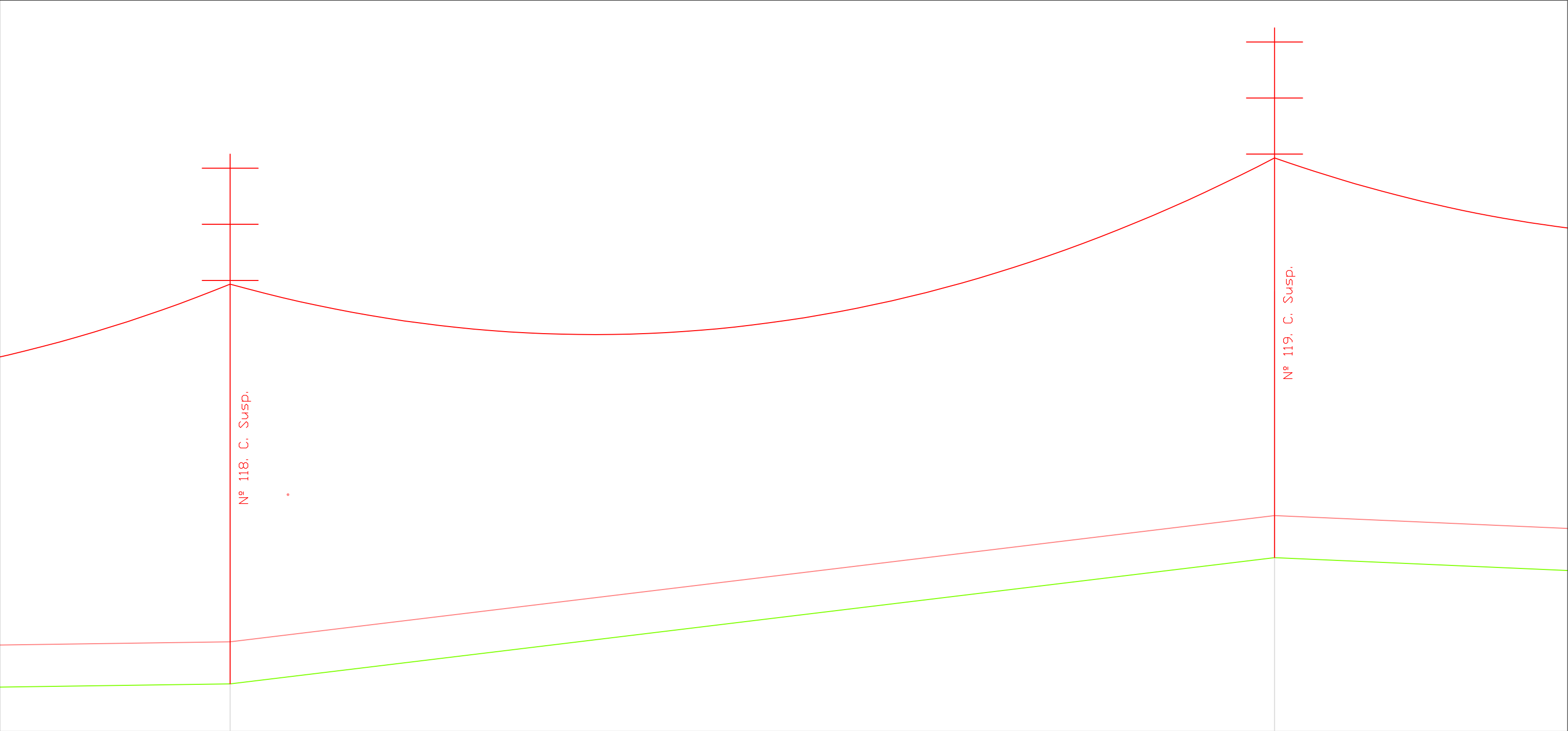




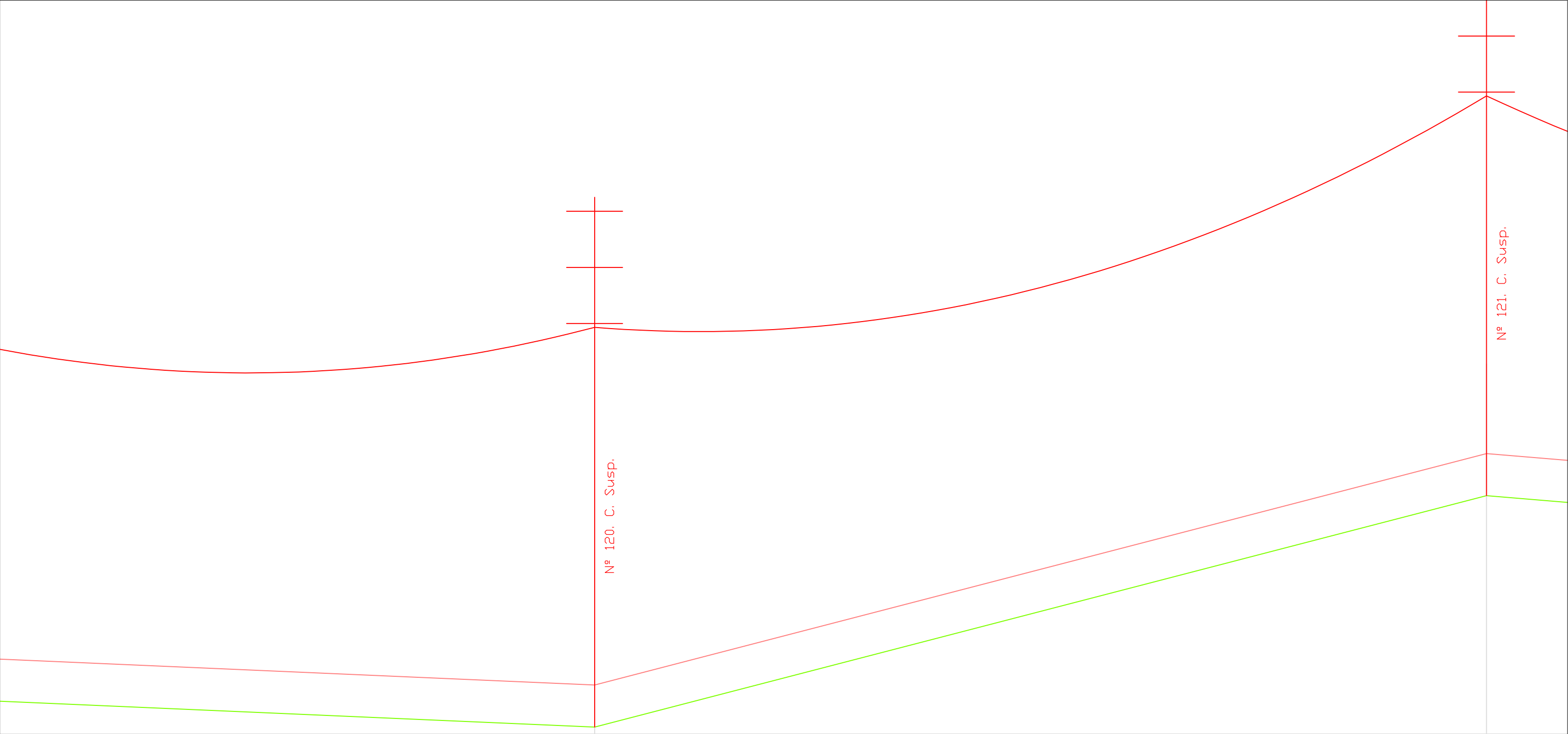




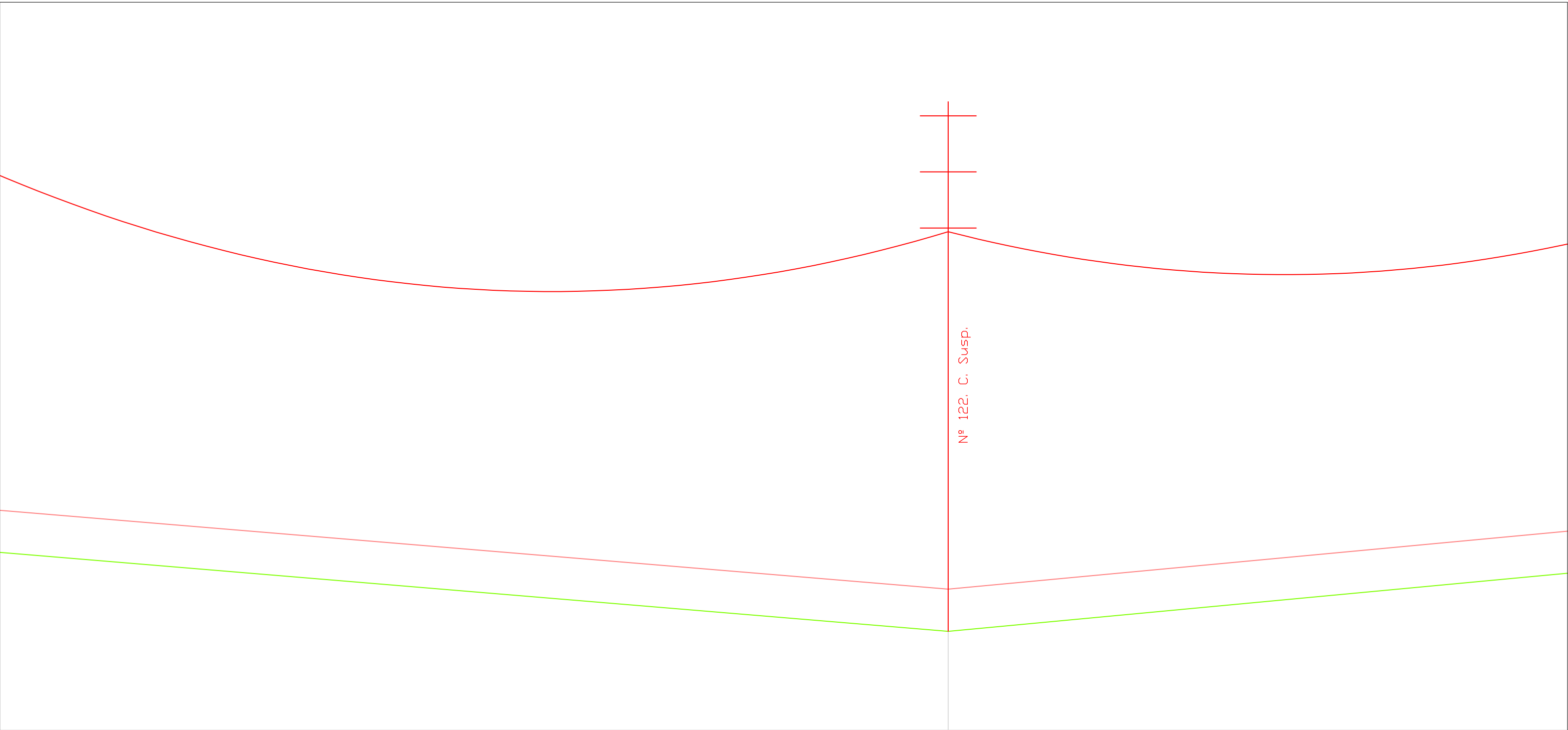




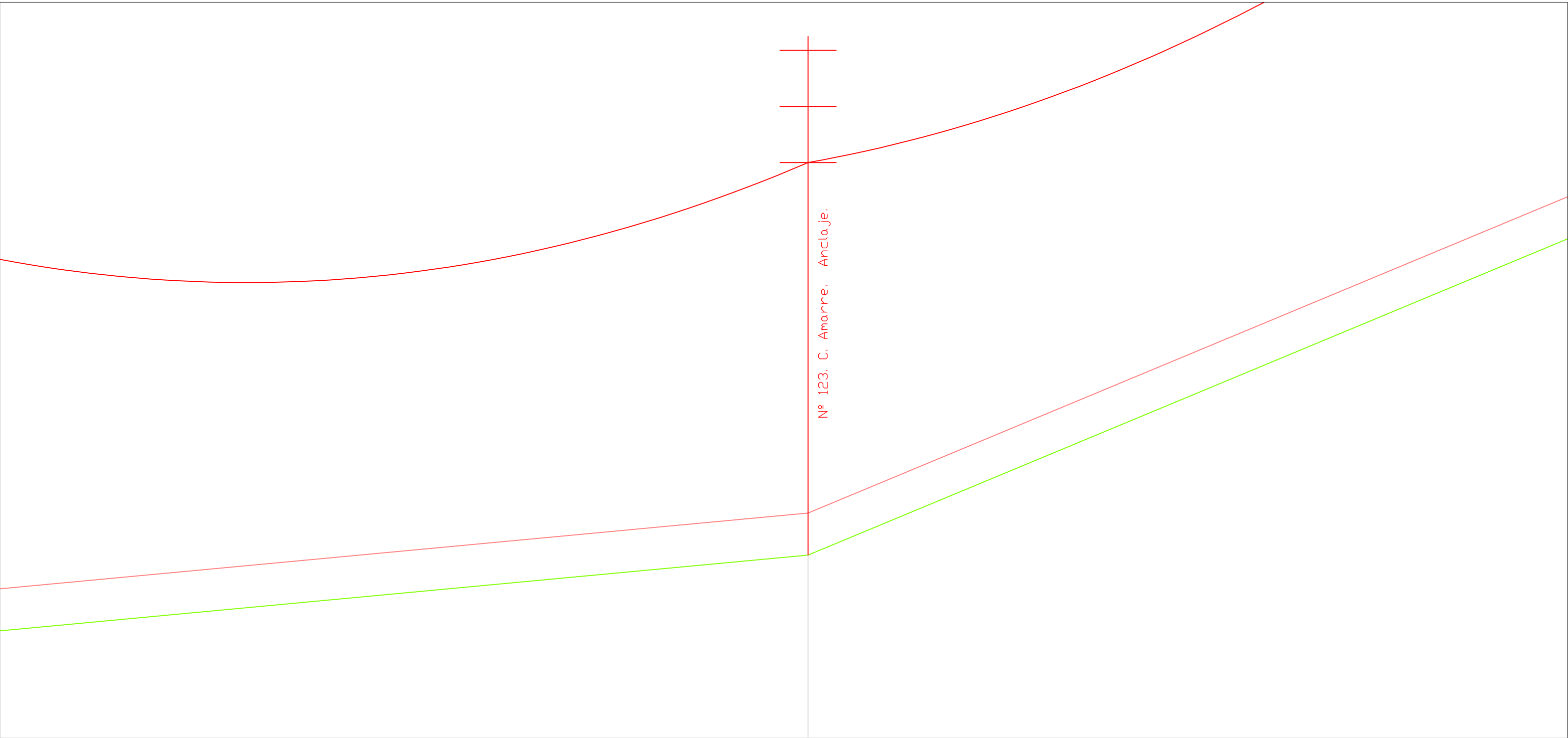
	556,00 m		574,00 m
	584,00 m		596,00 m
	54.873,00 m		55.469,00 m
	Nº 118		Nº 119
	⊕ km 55		⊕ km 55,5



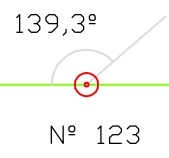
⊕ km 56

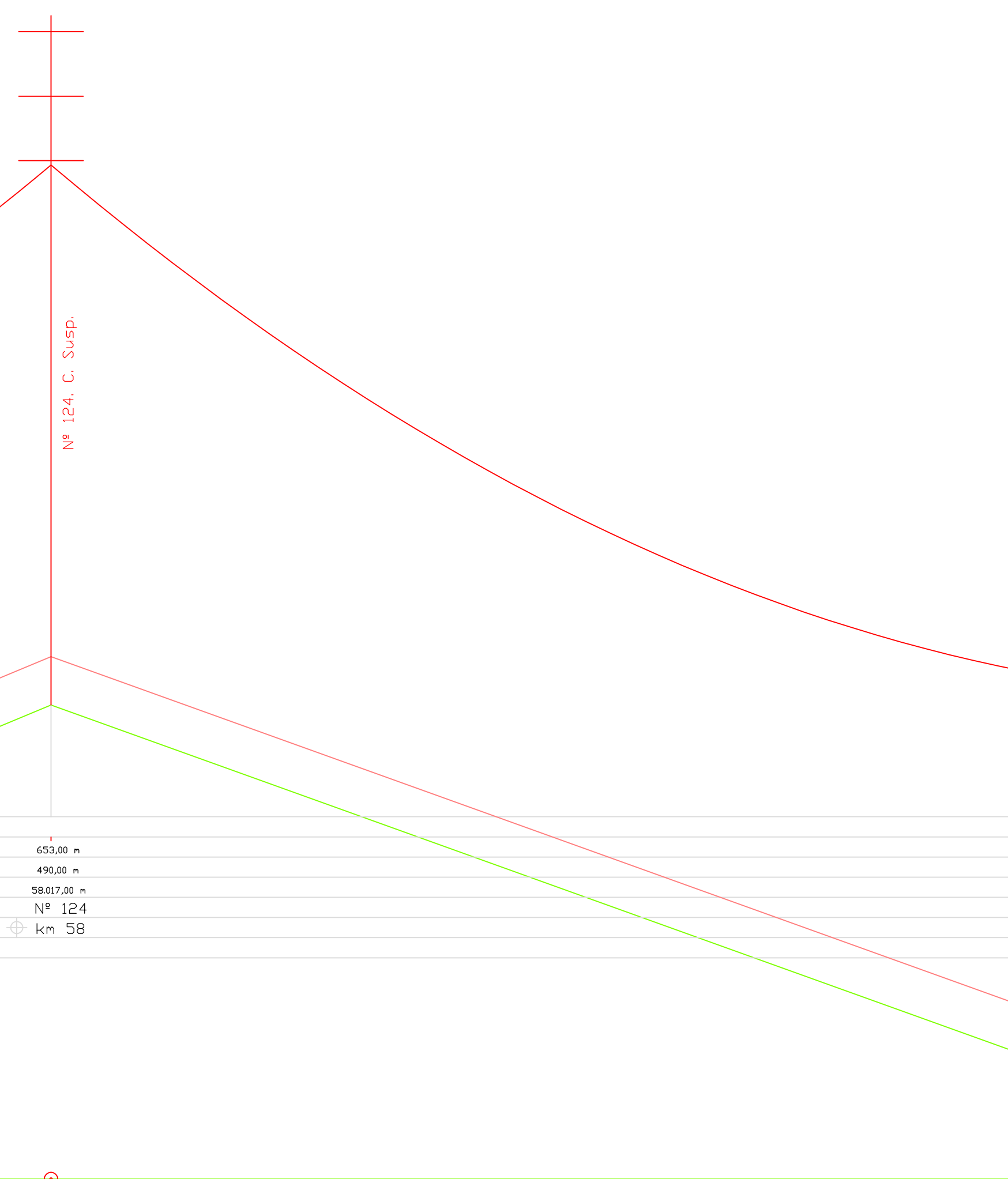


	590,00 m
	577,00 m
	57.015,00 m
	Nº 122
⊕ km 56,5	⊕ km 57



602,00 m
512,00 m
57.527,00 m
Nº 123
⊕ km 57,5

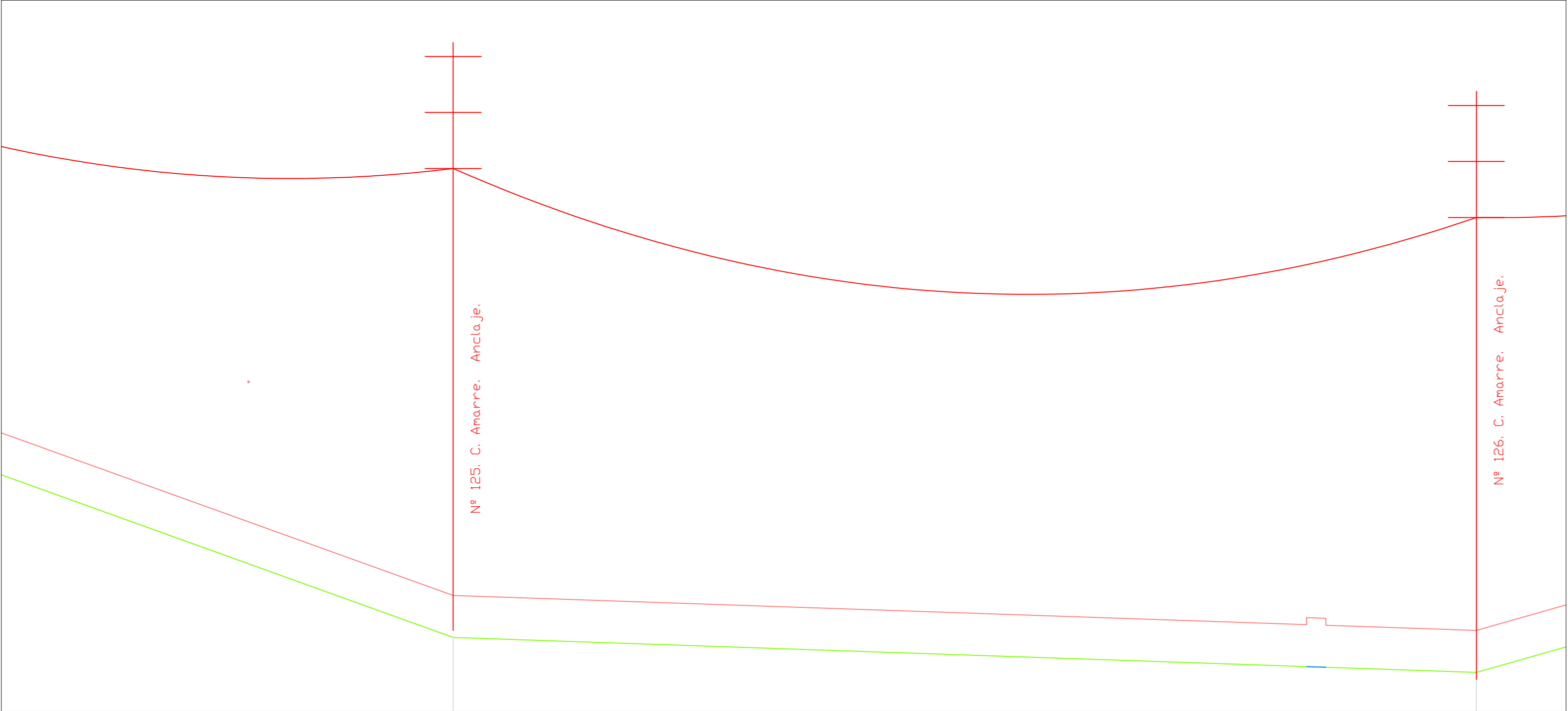




Nº 124. C. Susp.

653,00 m  
490,00 m  
58.017,00 m  
Nº 124  
⊕ km 58

⊕  
Nº 124



	589,00 m	582,00 m
	723,00 m	585,00 m
	58.740,00 m	59.325,00 m
	Nº 125	Nº 126
⊕ km 58,5		⊕ km 59

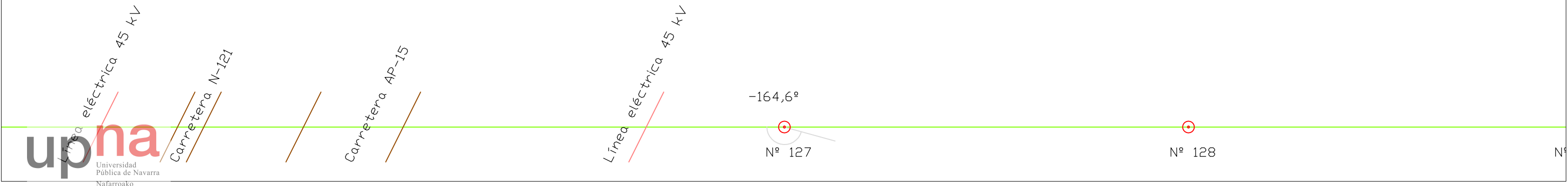
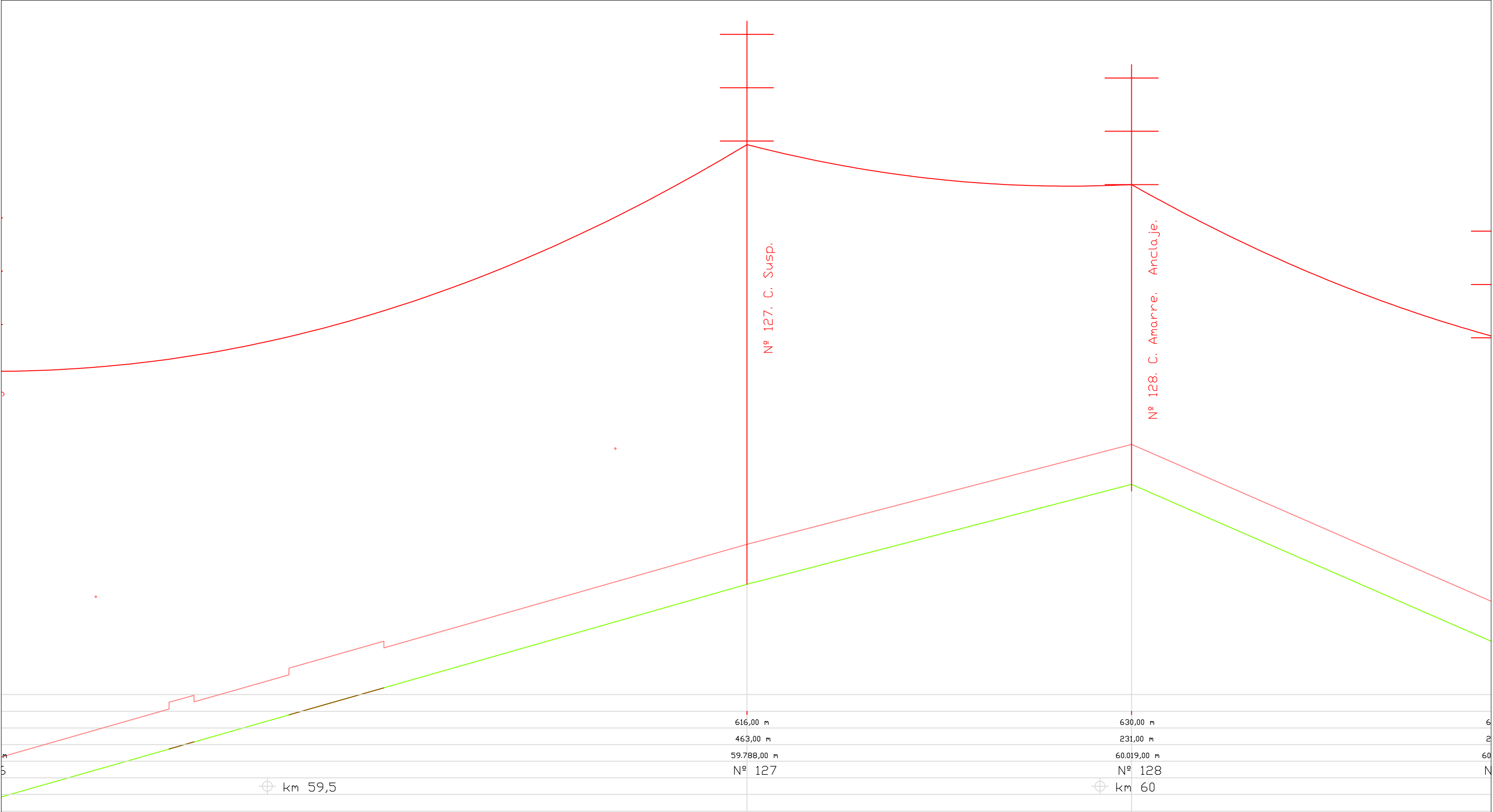
Línea eléctrica 45 kV

⊕  
Nº 125

FFCC Zaragoza-Alsasua

⊕  
Nº 126







Nº 129, C. Amarre. Anclaje.

607,00 m  
220,00 m  
60.239,00 m  
Nº 129

Nº 129

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</b>	
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: <b>SÁNCHEZ LABIANO, DAVID</b>	
PROYECTO:  <b>ESTUDIO LÍNEA DOBLE CIRCUITO 400 KV CASTEJÓN MURUARTE</b>		FIRMA: 	
PLANO:  <b>PERFIL Y PLANTA DE LA LÍNEA</b>		FECHA: <b>07/2015</b>	ESCALA:
			Nº PLANO: <b>2</b>